

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**

**Hornicko-geologická fakulta**

Institut environmentálního inženýrství

**BIODEGRADACE ROPNÝCH LÁTEK PŘI PROCESU  
SOLIDIFIKACE**

**BIODEGRADATION OF PETROLEUM SUBSTANCES DURING THE  
PROCESS OF SOLIDIFICATION**

**Diplomová práce**

**Autor:**

Bc. Michal Horník

Ostrava 2013

## Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Michal Horník**

Studijní program:

N2102 Nerostné suroviny

Studijní obor:

3904T022 Zpracování a zneškodňování odpadů

Téma:

Biodegradace ropných látek při procesu solidifikace  
Biodegradation of Petroleum Substances During the Process of  
Solidification

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Cíl diplomové práce
3. Současný stav poznatků v řešené problematice
4. Vlastní návrh nových metod úpravy
  - 4.1 Teoretické důvody pro navržení těchto metod
  - 4.2 Návrh laboratorních zkoušek
  - 4.3 Zhodnocení výsledků zkoušek v laboratorním prostředí
  - 4.4 Soulad se současnou legislativou
  - 4.5 Návrh na zavedení do výrobní a průmyslové praxe v případě úspěšných výsledků
5. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

1. VACENOVSKÁ, B.; DROCHYTKA, R. Nové možnosti likvidace tekutých nebezpečných odpadů solidifikací. *Odpadové fórum*. 2008, 4, s. 3270-3274. ISSN 978-80-02-02011-0.
2. MEANS, J.L.; SMITH, L.A. *The Application of Solidification/Stabilization to Waste*. Vyd. 1. Boca Raton : Lewis Publishers, 1994. 334 s. ISBN 978-15-667-0080-1.
3. KAFKA, Z. Kontaminanty v odpadech a jejich vyluhování. *Odpady*. 2002, 12, 9, s. 24-28. ISSN 1210-4922.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Eva Pertile, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2012

Datum odevzdání: 30.04.2013

prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.  
vedoucí institutu



prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.  
děkan fakulty

Prohlašuji, že:

- Celou diplomovou práci, včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Mostě dne 30. 4. 2013

.....

Bc. Michal Horník

## Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval paní Mgr. Evě Pertile, PhD., za cenné rady, připomínky a trpělivost při metodickém vedení diplomové práce.

## **Anotace**

Diplomová práce pojednává o možnosti úpravy obsahu nerozpuštěného organického uhlíku v procesu solidifikace a stabilizace. Snížení obsahu nepolárních extrahovatelných uhlovodíků a ropných uhlovodíků řady  $C_{10}$  -  $C_{40}$  je založeno na možnosti změn v recepturách úprav odpadů. Samostatný proces biodegradace ropných látek je samozřejmě známý a odzkoušený. Vzhledem k novosti myšlenky na spojení metod úpravy odpadů je zde navrženo odzkoušení procesu biodegradace v postupu solidifikace a stabilizace odpadu. Hodnocen bude obsah  $C_{10}$  -  $C_{40}$  v odpadech vstupujících do procesu úprav a výsledný obsah ve vyzrálém solidifikátu/stabilizátu. Hodnocen bude obsah nepolárních extrahovatelných látek a ropných uhlovodíků ( $C_{10}$  -  $C_{40}$ ) a jejich kritické meze vzhledem k zvolené receptuře a účinnost nastaveného procesu.

## **Klíčová slova**

Biodegradace, solidifikace, solidifikát, solidifikační jednotka, stabilizace odpadů, nebezpečný odpad, tekutý odpad, nepolární extrahovatelné látky, NEL, ropné uhlovodíky  $C_{10}$ -  $C_{40}$ , celkový organický uhlovodík (TOC).

## **Annotation**

The thesis discusses the editing options undissolved organic carbon content in the process of solidification and stabilization. Reduction of non-polar extractable hydrocarbons  $C_{10} - C_{40}$  is based on the possibility of changes in waste treatment formulations. Separate oil biodegradation process is of course well known and tested. Given the novelty of the idea of connection methods of waste treatment suggest testing process of biodegradation in the process of solidification and stabilization of waste. I will evaluate the concentration of  $C_{10} - C_{40}$  in waste entering the editing process and the resulting concentration in aged solidifikátu/stabilizer . Rate want content non-polar extracttablas substances and petroleum hydrocarbons series  $C_{10} - C_{40}$  and its critical limit due to the chosen formulation, the effectiveness of the process set.

## **Key words**

Biodegradation, solidifikatio, product of solidification, solidification unit, waste stabilization, hazardous waste, liquid waste, non-polar extracttablas substances, NEL, petroleum hydrocarbons series  $C_{10} - C_{40}$ , total organic carbon (TOC).

## Obsah

1	ÚVOD .....	1
2	CÍL .....	5
3	LEGISLATIVA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ V EU A ČR .....	7
3.1	Správní orgány, příslušné k rozhodování a kontrole .....	9
3.2	Legislativa firem – zákonné povinnosti .....	10
3.3	Zařazení provozovny, evidence a povinnosti hlášení .....	11
3.4	Soulad se platnou legislativou ČR .....	12
4	STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE A JEJICH METODIKY .....	13
4.1	Proces stabilizace a solidifikace .....	13
4.1.1	Solidifikace .....	15
4.1.2	Stabilizace .....	16
4.1.3	Solidifikát a stabilizát .....	19
4.2	Současné postupy při metodách S/S .....	22
5	PRAKTICKÁ ČÁST .....	25
5.1	Metodika výběru odpadů .....	25
5.2	Metodika analýzy a hodnocení .....	25
5.3	Metodika návrhu nových metod úpravy .....	26
5.3.1	Důvody pro návrh nových postupů .....	27
5.4	Příprava roztoku bakterií .....	28
6	NÁVRH NOVÉHO TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU .....	29
6.1	Data vstupních odpadů .....	29
6.2	Navržené bakterie pro biodegradaci .....	31
6.3	Obecný popis navrženého pracovního postupu .....	31
6.4	Technologický postup zkoušky .....	33
7	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ .....	36
7.1	Laboratorní zkoušky .....	36
7.2	Zhodnocení analytických výsledků .....	36
8	ZÁVĚR .....	42
	Seznam použité literatury .....	44
	Seznam obrázků .....	47
	Seznam tabulek .....	47

## Seznam použitých zkratk

BRKO	Biologicky rozložitelné komunální odpady
BSK	Biologická spotřeba kyslíku
C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub>	Uhlovodíky obsahující 10 až 40 uhlíkových atomů v molekule
ČIŽP	Česká inspekce životního prostředí
ČOV	Čistírna odpadních vod
ČSN-EN	Česká verze evropské normy
DOC	Rozpuštěný organický uhlík
EIA	Posuzování vlivu na životní prostředí
E-PRTR	Evropský registr úniků a přenosů znečišťujících látek
CHSK	Chemická spotřeba kyslíku
IPPC	Integrovaná prevence a minimalizace znečištění životního prostředí
IRZ	Integrovaný registr znečišťovatelů
ISPOP	Integrovaný systém plnění ohlašovacích povinností
KO	Komunální odpad
KÚ	Krajský úřad
MZE	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NEL	Nepolární extrahovatelné látky
NEL	Nepolární extrahovatelné látky
ODPAD „N“	Odpad kategorie nebezpečný
ODPAD „O“	Odpad kategorie ostatní
ORP	Obec s rozšířenou působností
PCB	Polychlorované bifenylly
pH	Záporný dekadický logaritmus hydroxylových iontů
RAS	Rozpuštěné anorganické soli
S-IO	Skládka typu inertní odpad
S-NO	Skládka typu nebezpečný odpad
S-OO	Skládka typu ostatní odpad
TOC	Celkový organický uhlík



## 1 ÚVOD

Při bakalářském studiu jsem ve své závěrečné práci řešil problematiku obsahu nepolárních extrahovatelných látek (NEL) a ropných uhlovodíků řady  $C_{10}$  -  $C_{40}$  ve stabilizovaných a solidifikovaných odpadech. Zmapoval jsem tuto problematiku jak z pohledu legislativního souladu, tak i z pohledu na oblasti zpracování odpadů, především pak v procesu solidifikace a stabilizace. Ve výsledcích své práce jsem hodnotil jak potřebu úpravy těchto odpadů ve smyslu skládkování výsledného produktu nebo s jeho dalším nakládáním, tak i z hlediska kritiky, týkající se změny právní legislativy. V závěrečném hodnocení jsem pak komentoval úspěšnost procesu úpravy<sup>1</sup>.

Pokud se podívám na systém nakládání s nebezpečnými i ostatními odpady, tak se z pohledu praxe zdá, že je stále složitější. Veškeré procesy jsou čím dál sofistikovanější a to jak procesní a provozní, tak i legislativní. Nakládání s odpadem, shromažďování, třídění a označování, včetně předávání a přepravy, jsou samozřejmě více a přísně hlídány orgány státní správy.

Velká až zásadní změna v oblasti nakládání s odpady přišla v roce 2005 (s platností od 1. 1. 2006) a to s novou vyhláškou č. 294/2005 Sb. „O podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu“<sup>2</sup>, která zásadně změnila metodiku hodnocení odpadů pro uložení na skládku. Tato vyhláška s sebou přinesla několik dlouho očekávaných a požadovaných změn jako je sjednocení analyzovaných kontaminantů, omezení počtu sledovaných látek. Dále také možnost ukládat, za určitých podmínek, na skládky typu S-OO azbestové odpady. Největší změnou však bylo sledování ropných uhlovodíků.

Zcela nečekaně se do této vyhlášky dostaly podmínky, které nebyly logické. Jedná se například hodnocení parametru kontaminantu DOC pro skládky typu S-OO, který není z pohledu dopadu na životní prostředí důležitý. Nebo vzájemné propojení podmínek, které určují analytické meze hodnocení DOC a z nich tvoří podmínky kdy lze a kdy nelze uložit do skládky typu S-OO azbestové odpady. Hodnota koncentrace DOC nemá na uložení azbestu vliv.

Také se zcela změnil pohled na odpady s obsahem ropných látek a jejich ukládání na skládky typu S-OO. Podle původní legislativy byl pro odpady s obsahem nepolárních extrahovatelných látek (NEL) stanoven limit 50 000 mg/l ve výluhu. To ovšem neplatilo pro

solidifikované a stabilizované odpady. Do solidifikovaných, stabilizovaných odpadů se podle různých receptur NEL vnášely. Zde byl právě problém se specifikací ropných látek. NEL. Tuto skupinu lze dělit na směsi ropných i neropných uhlovodíků. Z hlediska ropných uhlovodíků se jedná zejména o látky typu oleje, nafta, benzín, různá ředidla, tuky, vosky. Neropné látky typu NEL je například karboxymethylcelulosa, která je v recepturách solidifikací.

NEL jsou ve vodě nerozpustné, voda je polární rozpouštědlo. Jak je podle názvu zřejmé, jedná se o nepolární extrahovatelné látky, rozpustné v nepolárních rozpouštědlech (ředidlech). Nová vyhláška tento problém exaktně vyřešila, protože parametr NEL změnila na parametr uhlovodíků řady  $C_{10} - C_{40}$ . Tím se i hodnocení solidifikátů a stabilizátů dostalo na úroveň hodnocení běžných odpadů. Bohužel ta samá vyhláška ale vyřadila parametr  $C_{10} - C_{40}$  z hodnocení pro uložení na skládky typu S-OO. Kontrola ropných látek v ukládaných odpadech platí pouze pro skládky S-IO, kde je  $C_{10} - C_{40}$  pouze jako parametr hodnocení v sušině (což je správné).

Legislativní důvody nebyly jediné, které donutily státní správu ke změně parametru NEL na  $C_{10} - C_{40}$ . Je reálným předpokladem, že do budoucna bude analytická zkouška NEL zakázána<sup>3</sup>. Norma ČSN 75 7505<sup>4</sup> na stanovení NEL již byla zrušena v roce 2006, protože pro stanovení NEL se používá jako extrakční činidlo freon (tetrachlorethen). Při stanovení  $C_{10} - C_{40}$  podle ČSN EN 1247-4<sup>5</sup> jsou používána jako extrakční činidla nejčastěji n-hexan, cyklohexan, heptan apod.

Tím že nejsou limitovány hodnoty ropných látek pro ukládání odpadů na skládky S-OO, mohou si jak původci, tak i provozovatelé odborných zařízení dělat v této oblasti v podstatě co chtějí. Proč draze pálit odpady ve spalovnách NO, proč provádět dlouhé úpravy odpadů biodegradací, když mohou odpad lehce solidifikovat (jednoduchá úprava, jednoduchými činidly) a vydávat ho za ostatní odpad s levným uložením na skládku S-OO. Celý problém je v tom, že ropné látky, sorbované na pevných površích, sice špatně a málo migrují, když je ale odpad s obsahem  $C_{10} - C_{40}$  blízko drenážní vrstvy, snáze se, soustavným vymýváním, uvolní do průsakových vod skládky. Pokud je mimo tuto vrstvu, sorbuje se na pevných materiálech, ale po čase by měl samovolně biodegradovat za vzniku skládkového plynu. A to také není žádoucí.

Pokud by se mělo postupovat podle logiky věci, nemohla by změna legislativy, vytvořená odborníky na MŽP, uvést v jednom dokumentu tolik chybných úprav, které

z dlouhodobého hlediska buď poškozují životní prostředí, nebo kladou překážky při výkonu odborné činnosti. Původní snaha eliminovat množství odpadů ukládaných na skládky typu S-NO přešla do stavu eliminovat skládkování odpadů. To je všeobecný trend, který je pro laika na první pohled žádoucí. Bohužel se však týká i těch odpadů, které nelze nijak upravit nebo jsou jako zbytky po úpravě a nelze je než na příslušnou skládku uložit.

To znamená, že odpady, které nelze z ekonomického hlediska materiálově, termicky ani jinak využít, se musí na skládku nakonec uložit. Tento problém již dlouhodobě komentují kolegové v Německu, Rakousku i Švýcarsku. Je prakticky pravidelným tématem například na „Skládkovém workshopu Liberec – Žitava“, který pořádají Technická univerzita Liberec a Hochschule Zittau/Görlitz. Zákaz skládkování, využitelnost odpadů, rozdíly mezi tříděním, termickým využitím a ukládáním odpadů<sup>6</sup> jsou problematiky, se kterými nás kolegové ze zahraničí seznamují. Oni již prošli obdobnými cestami úprav legislativy a mohou poukázat na problémy, které to sebou neslo. Často se v debatách i přednáškách objevuje námět „Kapacita skládek“. Přesto že je množství odpadů pro ukládání minimalizováno, jejich kapacita však není nekonečná. Dnes se v zahraničí řeší, jak nastavit legislativu, která by povolila otevření a výstavbu nových skládek.

S tématem výstavby skládek, ale i výstavby ve starých průmyslových zónách nebo místech s ekologickou zátěží, se dostávám k poslednímu problému legislativy. V minulých letech byly stanoveny tzv. „Sanační limity“, hodnoty kontaminantů, které musely být v té které části zástavby (obytná, veřejná, průmyslová) dosaženy, pokud se zjistila nepřipustná koncentrace kontaminantů. V dnešní době již neplatí přesné hodnoty sanačních limitů, ale je provedena analytická kontrola. Na jejím základu je pak vypracována riziková studie a následně stanoveny limity, kterých má být dosaženo. Pokud tvůrci jedné části legislativy zaujmou postoj ke znečišťování životního prostředí velice rozumně a přísně – sanace, rizikové studie apod., jak mohou tvůrci legislativy řídící způsob příjmu odpadů na skládky, jejich hodnocení z hlediska koncentrací (zátěže) pominout vliv ropných látek. Skládky, které se po rekultivaci následně vrací do okolní přírody.

Ve starší legislativě a dodnes platných některých předpisech, je jako parametr uvedeno stanovení NEL. V novějších dokumentech potom pro stanovení a hodnocení  $C_{10}$  -  $C_{40}$ , vydal „Odbor ekologických škod MŽP“ metodický pokyn TP 09/2008<sup>3</sup>. Jeho cílem bylo vyjasnit problematiku vyhodnocení parametru „nepolární extrahovatelné látky“ a parametru

„Uhlovodíky  $C_{10} - C_{40}$ “ pro stanovování **indikátoru možného znečištění ropnými látkami**<sup>2</sup> (dříve nesprávně používaný termín koncentrace ropných uhlovodíků nebo ropných látek) na kontaminovaných lokalitách. V mém případě se jeví jako nejzajímavější právě stanovení hodnoty sanačního limitu a jeho srovnání s limity pro odpady, které se ukládají na jednotlivé typy skládek.

## 2 CÍL

Cílem mé diplomové práce je návrh a odzkoušení nové receptury úpravy odpadů se zvýšeným obsahem ropných uhlovodíků řady  $C_{10}$  -  $C_{40}$ . Jedná se především o nebezpečné a kapalně až kašovitě odpady (Obrázek 1). Takové, které nelze samostatně využít na jednotce biodegradace pro přítomnost jiné nebezpečné složky, nebo z důvodu nevyhovující konzistence.



**Obrázek 1:** Vykládka kašovitého odpadu (květen, 2008)

Tento nový navržený postup má být zařazen do procesu úpravy odpadů metodou solidifikace a stabilizace. Vycházím z myšlenky, že pokud lze běžně biodegradovat odpady s obsahem ropných látek, mohlo by se podařit provést tuto úpravu i v solidifikovaných, stabilizovaných odpadech v době kdy vyzrávají. Tyto odpady, které jsou běžně solidifikovány, stabilizovány, reagují vcelku dobře na úpravu stávajícími způsoby a hodnota  $C_{10}$  -  $C_{40}$  může být snížena dostatečně. Ovšem tyto látky nejsou z procesu odstraněny, jsou pouze stíněné. Na rozdíl od těžkých kovů, které jsou v takové matici neměnné, ropné uhlovodíky časem změny doznají (postupný výluh, rozklad). Přesto je však možné tyto odpady na skládku S-OO uložit. Dále jsou tu již dříve poukazované problémy s průsakovými vodami skládek a se skládkovým plynem. V návrhu nové

metodiky úpravy odpadů se počítá s odzkoušením zavedení procesu biodegradace do procesu vyzrávání solidifikátu a stabilizátu. Použity mají být kultury pro odbourávání ropných látek v běžném procesu biodegradace, nebo jejich kultivary určené do procesů s vyšší hodnotou pH.

Pokud se tato metodika v základních zkouškách a hodnocení ukáže jako provozuschopná, může být odzkoušena v poloprovozních testech. Specifikace procesu úpravy, volba optimálních typů bakterií i provozních podmínek technologie by mohla být například náplní pro disertační práci.

**Cíle diplomové práce tedy je :**

- Odebrat odpady o známém složení.
- Zjistit vstupní hodnotu koncentrace  $C_{10}$  -  $C_{40}$ .
- Provést simulovaný laboratorní pokus solidifikace, spojené solidifikace a biodegradace a samotné biodegradace na pěti samostatných vzorcích.
- Vyhodnotit úspěšnost pokusu na základě naměřených analytických hodnot.

### 3 LEGISLATIVA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ V EU A ČR

Legislativa České republiky má základ ve vlastním právním řádu, ústavě a dalších dokumentech. Ovšem vzhledem k tomu, že jsme se stali právoplatnými členy Evropské unie, museli jsme v období žádosti o vstup do EU a před podpisem přístupových dohod, následně také po našem vstupu zajistit implementaci evropské legislativy do právních předpisů ČR. Z pohledu legislativy životního prostředí bych poukázal na ty nejdůležitější:

- **Směrnice Rady č. 99/31/EC o skládkách odpadů<sup>7</sup>.** Základním cílem směrnice je zajistit opatření, postupy a návody pro předcházení nebo omezování negativních účinků skládkování odpadů na životní prostředí a zdraví populace. Směrnice vyžaduje, aby členské státy přijaly opatření k dosažení tohoto cíle, zahrnující úpravu odpadů před uložením na skládku, postupné omezování společného skládkování nebezpečných a ostatních odpadů a kontrolu uzavření skládek a následnou péči o ně. Základní dokument, ze kterého vyšla legislativa odpadového hospodářství. Zákon č. 185/2001 Sb., „O odpadech“ a o změně některých dalších zákonů a jeho prováděcí vyhlášky<sup>8</sup>.
- **Směrnice Rady č. 86/278/EHS** ze dne 12. června 1986 o ochraně životního prostředí a zejména půdy při používání kalů z čistíren odpadních vod v zemědělství, ve znění směrnice 91/692/EHS a nařízení č. 807/2003.<sup>9</sup>
- **Směrnice Rady č. 87/217/EHS** ze dne 19. března 1987 o předcházení a snižování znečištění životního prostředí azbestem, ve znění směrnice 91/692/EHS a nařízení č. 807/2003.<sup>10</sup>
- **Směrnice Rady č. 91/689/EHS** ze dne 12. prosince 1991 o nebezpečných odpadech, ve znění směrnic 94/31/ES a 2008/98/ES a nařízení č. 166/2006.<sup>11</sup>
- **Směrnice Rady č. 96/59/ES** ze dne 16. září 1996 o odstraňování polychlorovaných bifenyly a polychlorovaných terfenylů<sup>12</sup> (PCB/PCT).

Legislativa životního prostředí má své podklady v zákonech, vyhláškách a dalších právních předpisech. Ty však nejsou tvořeny pouze Ministerstvem životního prostředí ČR, které v nich má největší zastoupení. Podstatnou roli v oblasti životního prostředí má i Ministerstvo zemědělství ČR, které řeší nakládání s vodami, je tvůrcem zákonů, vyhlášek a související legislativy.

V menší míře, především kvůli součinnosti při uplatňování zákonů v oblasti životního prostředí jsou zapojena i další ministerstva. Ministerstvo průmyslu ČR, které je dotčené jak dopadem zákonů, tak i velkou měrou působí v oblasti produkce odpadů, znečištění ovzduší a znečištění vody. Dále je to Ministerstvo financí ČR, které především ovlivňuje přísun prostředků ze státního rozpočtu.

Má diplomová práce vychází především ze zákona o odpadech, Vyhlášek o hodnocení odpadů a o ukládání odpadů na skládky. Zásadně se však dotýká, díky technologickým procesům solidifikace, stabilizace a skládkování i zákona o vodách a ovzduší, dále samozřejmě také o jejich prováděcí vyhlášky. Z těch základních lze vyjmenovat následující:

- Zákon č. 185/2001 Sb., „O odpadech<sup>8</sup>“ a o změně některých dalších zákonů.
  - Vyhláška č. 381/2001 Sb. kterou se stanoví „Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů<sup>13</sup>“.
  - Vyhláška č. 383/2001 Sb. „O podrobnostech nakládání s odpady“<sup>14</sup>.
  - Vyhláška č. 294/2005 Sb. „O podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu“<sup>2</sup>.
- Zákon č. 76/2002 Sb., „O integrované prevenci“ a o změně některých souvisejících zákonů<sup>15</sup>.
  - Vyhláška č. 554/2002 Sb., „Kterou se stanoví vzor žádosti o vydání integrovaného povolení, rozsah a způsob jejího vyplnění“<sup>16</sup>.
- Zákon č. 100/2001 Sb., „O posuzování vlivů na životní prostředí“ a o změně některých souvisejících zákonů.<sup>17</sup>
- Zákon č. 25/2008 Sb., „O integrovaném registru znečišťování životního prostředí a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí a o změně některých zákonů<sup>18</sup>“.
- Zákon č. 201/2012 Sb., „O ochraně ovzduší“ a o změně některých souvisejících zákonů.<sup>19</sup>



- Vyhláška č. 415/2012 Sb., „O stanovení emisních limitů“<sup>20</sup>.

Ministerstvo zemědělství ČR, pod které spadá nakládání s vodami, má na starosti následující legislativu:

- Zákon č. 254/2001 Sb., „O vodách (vodní zákon)“ a o změně některých souvisejících zákonů.<sup>21</sup>
- Vyhláška č. 123/2012 Sb. „O vypouštění odpadních vod“.<sup>22</sup>
- Vyhláška č. 450/2005 Sb., „O prevenci závažných havárií“ o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků.

### 3.1 Správní orgány, příslušné k rozhodování a kontrole

Legislativa ČR uplatňuje v rámci výkonu státní správy několik stupňů, které se dotýkají původce i osoby oprávněné k převzetí a zpracování odpadů. Pokud se budu zajímat pouze o ty základní, potom to jsou příslušné krajské úřady, které jsou oprávněné k vydávání souhlasných stanovisek. Dále jsou to příslušné magistráty obcí s rozšířenou působností, do jejichž katastru provozovatel a zařízení spadá. Jako poslední, ale z hlediska kontroly nejdůležitější, je ČIŽP (Česká inspekce životního prostředí).

Je důležité vysvětlit, jakým způsobem jsou tyto úřady zainteresovány v rozhodnutích pro oprávněné osoby a jaké mají rozhodovací pravomoci. Stanoviska, která ve svých rozhodnutích vydají, mohou být souhlasná i nesouhlasná. Povinnosti, které vznikají z dílce zákona, mohou ve svých rozhodnutích upřesnit, rozšířit. Každý provozovatel „Zařízení na odstraňování nebo využití odpadu“ je povinen provozovat:

- podle schváleného provozního řádu, ze kterého je povinný poskytnout původcům soupis povolených odpadů,
- schváleného složkovým rozhodnutím o „Souhlasu k provozování zařízení na odstranění odpadů“, který je povinný poskytnout v kopii původcům,
- nebo schváleno „Integrovaným rozhodnutím k provozování zařízení na odstraňování odpadů“, které vydá příslušný krajský úřad, odbor životního prostředí, zde je také povinnost poskytnutí kopie původcům.

Souhlasná rozhodnutí vydá krajský úřad, odbor životního prostředí příslušný k sídlu provozovny (nikoliv sídla, pokud se liší). V případě složkového řízení je to pouze pro dané zařízení bez dalších dotčených částí. Tím je myšlena například vodoprávní část, ochrana ovzduší. V rámci integrované prevence je tento souhlas kompletní za všechny složky příslušného odboru. Součástí tohoto rozhodnutí a platného provozního řádu je i soupis odpadů, které smí provozovatel do svého zařízení přijmout. Popsaná technologie a pracovní postupy, případně receptury jednotlivých úprav. Příslušný magistrát obce s rozšířenou působností (ORP 3) se vyjadřuje pouze k některým vodoprávním úkonům. Například odběru podzemní vody, provozu ČOV, havarijního plánu apod. Krajský úřad i magistrát obce s rozšířenou působností mají v rámci odboru své kontrolní pravomoci. Mohou provádět kontrolní činnost v souvislosti s nakládáním s odpady, mohou zahájit správní řízení a na jeho základě udělit pokutu.

Česká inspekce životního prostředí (ČIŽP) nemá žádné pravomoci k udělení souhlasů. Je pouze poradním orgánem pro příslušný krajský úřad v případech nejasností a sporů při vydání rozhodnutí. Pravomoc ČIŽP je pouze v kontrole. Je nejvyšším kontrolním orgánem v oblasti životního prostředí. Má nezpochybnitelné právo vstupu do vybraných prostor a zařízení, kde se nakládá s odpadem. Přímou spolupracuje s policií ČR a Celní správou. Může ve své pravomoci zakázat činnost, pozastavit platnost příslušných souhlasů, zahájit správní (přestupkové) řízení. Má právo vstupu téměř kamkoliv (výjimku tvoří snad pouze báňský zákon a dozor báňského úřadu), může si okamžitě vyžádat podporu policie ČR, nemusí se ohlašovat a má právo ze svého rozhodnutí například okamžitě zastavit stavbu, chod provozu, nakládání s odpadem apod. Má právo udělit pokutu a odvolacím orgánem je pouze příslušné ministerstvo.

Mezi základní rozhodující orgány pro provozovatele zařízení jsou příslušné krajské úřady, které jsou oprávněné k vydávání souhlasných stanovisek. Dále příslušné magistráty obcí s rozšířenou působností, do jejichž katastru provozovatel a zařízení spadá. Nakonec institut z hlediska kontroly nejdůležitější, a sice Česká inspekce životního prostředí.

### **3.2 Legislativa firem – zákonné povinnosti**

Veškeré právní povinnosti při vzniku odpadu, jeho shromažďování i předání jsou vztaženy na původce odpadů. Přesto je mezi původcem odpadu a osobou oprávněnou

k převzetí velká provázanost legislativy. Povinnosti jsou nastavené pro oba subjekty a vychází ze zákona č. 185/2001 Sb. a prováděcí vyhlášky č. 383/2001 Sb. Pro původce jsou povinnosti spojené s legislativou odpadů jiné než pro provozovatele zařízení. Jsou jednodušší, ale pokud se nejedná o větší firmu, která má svého ekologa, tak je legislativa natolik složitá, že základních úkonů a povinností je několik desítek. I zde platí, že neznalost zákona neomlouvá a legislativa není zcela optimální. V legislativě jsou složitosti a komplikovaná spojení, které mohou vést k chybám a následně k uložení pokuty.

Spolu s provozem zařízení na odstraňování odpadů jsou velice důležité i ostatní části legislativy. Jedná se především o zákony a prováděcí předpisy na ochranu ovzduší a ochranu vody. Legislativa integrované prevence, včetně sledování a vyhodnocení vlivu na životní prostředí EIA. Samozřejmě jsou to i další právní předpisy, například pro zpětný odběr, třídění, nakládání s azbestem, nakládání s látkami obsahujícími PCBs, vyhlášky a normy, stanovující pravidla pro výstavbu a provoz skládek.

Vzhledem k tomu, že ve své diplomové práci se chci zabývat technologií a recepturami provozovatele, nebudou povinnosti původců i povinnosti provozovatelů rozebrány podrobněji.

### **3.3 Zařazení provozovny, evidence a povinnosti hlášení**

Z hlediska činnosti uvedené provozovny je jedno, zda je to pomyslně hodnocená jednotka stabilizace a solidifikace nebo jednotka biodegradace. Je podstatné její zařazení a požadavek na splnění legislativních povinností, důležitých pro schválení jejího provozu (provozního řádu). Pro samotné provozování zařízení a z hlediska evidencí a povinnosti hlášení jednotlivým organizacím lze tento sled povinností rozřazovat pro ty nejdůležitější systémy následovně:

- V prvním kroku se jedná o to, zda provozovna musí mít „Posouzení vlivu na životní prostředí“ tzv. EIA. Podle zákona č. 100/2001 Sb.<sup>17</sup> se určí, zda proces, proběhne prvním kolem, „Zjišťovacím řízením“ a to rozhodne, jestli se bude nebo nebude posuzovat vliv na životní prostředí, a který úřad se toho ujme (krajský úřad nebo MŽP). Případně přejde podle zákona č. 100/2001 Sb. rovnou k rozhodnutí o povinnosti posoudit vliv na životní prostředí.

- Ve druhém kroku se jedná o to, zda je provozovatel povinen podat žádost o souhlas dle IPPC.
- Za třetí, zda je povinnost provozovatele provozovnu zařadit mezi zdroje znečištění ovzduší.
- Čtvrtou povinností jsou kontrolní mechanismy jako odběry vzorků, měření, výpočty znečištění apod.
- Pátou je povinnost provozovatele zařadit nebo nezařadit provozovnu mezi ohlašovatele do Integrovaného registru znečištění (IRZ), případně Evropský registr úniků a přenosů znečišťujících látek (E-PRTR), ačkoliv jsou obě ohlašovny podobné, nemají stejné parametry pro ohlášení.
- Šestou povinností je vedení evidence odpadů.
- Sedmá je povinnost hlášení nakládání s odpady a případné další ohlašovací povinnosti pomocí registru Integrovaného systému plnění ohlašovacích povinností (vodoprávní, ovzduší, IRZ atd.).

### **3.4 Soulad se platnou legislativou ČR**

Současná legislativa, Vyhláška č. 294/2005 Sb. „O podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu<sup>2</sup>“, je platná již od 1. 1. 2006. Od tohoto období nedošla změn v poukazovaných problémových částech a není jiná možnost než poukazovat na nelogičnost této legislativy. Nejsou pro provozovatele známé účinné legální cesty, jak se s touto problematikou vyrovnat. Odpor, který byl zřetelný i ze strany orgánů státní správy, neměl odezvu. Nakonec, v tichém konsenzu, přestaly kontrolní orgány tyto parametry kontrolovat. To ovšem neznamená, že nejsou velice často v rozporu s legislativou. Také dochází i když k vědomě tolerovanému, porušování zákona a tím je každý provozovatel v ohrožení, pokud by bylo žádoucí najít jeho pochybení.

## 4 STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE A JEJICH METODIKY

Vzhledem ke změnám legislativy, je důležité zjistit, jestli jsou v souladu metodiky jednotlivých procesů úprav. V rámci rozdílů mezi původní a novou skladbou sledovaných parametrů nebyly dosud některé odpady na tyto látky kontrolovány. Není jasné, zda se v odpadech nachází, v jaké koncentraci a zda jsou současné postupy dostatečné na jejich odstranění.

### 4.1 Proces stabilizace a solidifikace

Jako první je nutné vysvětlit rozdíl mezi pojmy SOLIDIFIKACE a STABILIZACE. Vyskytují se rozdíly ve výkladu těchto pojmů, jsou v nich zásadní nejasnosti. Dochází k jejich záměně, přesto, že rozdíl je zcela zásadní. Tyto a podobné nešvary se vyskytují také v odborné literatuře. Co hůře, zcela jednotná není ani legislativa, jak je patrné z citací uvedených níže. Příklad z odborného textu – například Žerava ve své diplomové práci píše: *„Solidifikace je speciální případ fyzikálně-chemické metody zpracování kalů. Solidifikací se rozumí proces, při kterém dochází k stabilizaci odpadu na pevný produkt.“*<sup>24</sup> Zde je mezi metodu solidifikace a stabilizace položeno rovnítko. Nesrovnalosti mezi legislativou lze najít také v prováděcích vyhláškách „Zákona o odpadech“ č. 185/2001 Sb.<sup>8</sup>

Procesem solidifikace je myšleno zpevnění materiálu, první citace vychází z vyhlášky č. 383/2001 Sb. „O nakládání s odpady“ *„Pojem solidifikace zahrnuje nejen zpevňování kapalných odpadů, ale je používán i pro popis úpravy pevných odpadů, spočívající v jejich smíchání s pojivem a následnou změnou jejich fyzikálních a často, v návaznosti na druh použitého pojiva, i chemických vlastností. Jako pojiva jsou užívány nejrozličnější materiály (i odpady), které někdy chemicky reagují s odpadem, jindy pouze obalují jeho částice bez probíhajících chemických reakcí. Jako aktivní pojiva jsou nejčastěji užívána maltotvorná, hydraulická pojiva - cement, vápno a jejich směsi - doplněná dalšími přísadami, např. křemičitany, popílkem, bentonitem. Jako pasivní pojiva jsou nejčastěji používány síra, asfalt, plasty apod. Při solidifikaci s využitím maltotvorných pojiv jsou pevné odpady mnohdy rozplavovány nebo rozpouštěny ve vodě a následně jsou do roztoku nebo suspenze přidávána pojiva a spolu s nimi pomocné látky (aditiva), které odpad upraví do podoby pevných věcí. Technologie solidifikace jsou uplatňovány v desítkách variant lišících se poměrem použitých přísad a pojiv, které jsou zpravidla charakteristické pro odpady,*

*k jejichž úpravě jsou používány. Tuhnutí, respektive zrání produktu, v něhož se solidifikovaný odpad v průběhu úpravy přetváří, je považováno za součást technologie úpravy odpadu.*“<sup>14</sup>

Druhá citace je z vyhlášky č. 381/2001 Sb. a slouží pro určení rozdílu mezi solidifikovaným a stabilizovaným odpadem: *„Procesy solidifikace mění pouze fyzikální skupenství odpadu (např. kapalinu na pevnou látku) pomocí přísad beze změny chemických vlastností odpadu.*“<sup>13</sup>

Ku podivu se při hodnocení pojmu STABILIZACE se obě vyhlášky shodnou. Proces stabilizace má za úkol imobilizovat škodliviny v odpadech obsažené, přesná citace vychází z vyhlášky č. 383/2001 Sb. „Katalog odpadů“: Pro účely této části vyhlášky se rozumí *„stabilizací odpadu - technologie úpravy odpadu spočívající ve využití fyzikálních, chemických nebo biologických postupů, vedoucí k trvale omezenému (řízenému) uvolňování škodlivin z odpadu do jednotlivých složek životního prostředí v souladu s požadavky tohoto i zvláštních právních předpisů“*.<sup>14</sup>

Druhá citace je z vyhlášky č. 381/2001 Sb. „Katalog odpadů“ a slouží pro určení rozdílu mezi solidifikovaným a stabilizovaným odpadem: *„Stabilizační procesy mění nebezpečnost složek odpadu a tím transformují nebezpečný odpad na odpad, který není nebezpečný.*“<sup>13</sup>

Je také potřeba říct, že ani tato definice není zcela přesná, v katalogu odpadu se uvádí odpad jako stabilizovaný a řadí jej do kategorie nebezpečný! To je naprosto správné. Je spousta odpadů, které existují a ty nelze ani jako nebezpečné uložit na jakoukoliv skládku odpadů. Teprve po úpravě, je jejich nebezpečnost snížena na takovou úroveň, kdy je lze, například na skládku typu S-NO, bezpečně uložit. To samé platí pro odpady, které po procesu stabilizace nelze nekategorizovat na ostatní odpad, zůstává mu jedna nebo více nebezpečných vlastností.

Sám se přikláním k textu, který vychází z vyhlášky č. 383/2001 Sb. “O nakládání s odpady”<sup>14</sup>dále v níže uvedeném textu i dokládám, že činidla používané pro solidifikaci a stabilizaci jsou z velké části stejná. Proto se velice často nemluví pouze o jedné metodě ale o metodách označovaných jako S/S, Solidifikace/Stabilizace odpadů.

#### 4.1.1 Solidifikace

Procesem solidifikace (od latinského *solidus* - pevný) je myšlena taková technologická úprava, ve které dojde ke zpevnění dotčených materiálů. Jedná se v podstatě o odpady, které jsou v tekutém nebo polotekutém stavu. Primárním cílem solidifikačního procesu je získat pevnou fázi. K tomu stačí jako solidifikační přísady například popeloviny (Obrázek 2), kaly, oprašky, zeminy aj. Další takové materiály, které mají i jiný účinek než plnivo, jsou křemeliny, hlínky (bentonit), hydroxid hlinitý, nebo aktivní uhlí. Jinými účinky je myšleno fyzikální a chemické reakce, schopnost sorpce různých kontaminantů – ropných látek, těžkých kovů, změny hodnoty pH. To znamená, že se jedná o reakční látky a aditiva<sup>25</sup>.



**Obrázek 2:** Příjem popílku do procesu stabilizace a solidifikace (foto Navrátil, březen 2007)

Hlavním principem solidifikace, takové, kterou lze chápat jako proces úpravy odpadu, je zpevnění daného odpadu. Jak bylo výše řečeno, používají se k tomuto kroku jak vyhovující typy odpadů, tak i činidla, které mají solidifikační účinky. Mimo toho mohou mít i stabilizační vliv, a tak již v tomto kroku dochází i k vedlejším účinkům. Zapouzdření jednotlivých kontaminantů ve struktuře solidifikačních pojiv – stabilizace.

Nejčastější metoda solidifikace je vápenná, cementová a kombinace obou. Jestliže je při procesu neutralizace zapotřebí vápenného hydrátu, při procesu solidifikace se

používá výhradně nehašeného vápna. Cementy jsou různého typu, jako například portlandské, strusko-portlandské a je vcelku jedno, které jsou použité. Tyto materiály mají jednu společnou vlastnost. Dokážou hydratovat, to znamená, vážou na sebe v chemické reakci vodu. Zde je patrné, že materiály, ať nakupované, nebo využívané v rámci skladby odpadů jsou obdobné jako ty, které se používají na proces stabilizace. Proto úprava kapalných fází a kašovitých odpadů je prakticky první stupeň úpravy stabilizací.

Materiál, který je pouze mokrá, zvětší v kombinaci s vodou svůj objem. Pokud ale zase zpětně vyschne a vytvrdne, svůj objem opět ztratí (Obrázek 3).



**Obrázek 3:** Vymíchání materiálů pro stabilizaci a solidifikaci (listopad, 2010)

Ty směsi, materiály, které v sobě mají příměsi hydratačních pojiv, již po vytvrzení neztrácí svůj objem a naopak získávají na pevnosti<sup>15</sup>. Typickým příkladem je výroba malty a betonu z písku a cementu nebo vápna. Nalitá betonová podlaha po vyschnutí neztrácí svůj objem a je naopak velmi tvrdá. Stejný princip funguje i při solidifikaci vápennou nebo cementovou metodou.

#### **4.1.2 Stabilizace**

Proces stabilizace je fyzikální nebo chemická reakce, jejímž výsledkem je neschopnost případného vyluhování jednotlivých látek ve vodném prostředí a také jejich



znehynění ve smyslu zamezení rozpouštění nebo vyloužení a následném transportu z pevné fáze do kapalné<sup>26</sup>.

Hovořím-li o znehynění některých kontaminantů (nemožnost vyloužení) v pevných materiálech z hlediska fyzikálních jevů, potom se jedná především o vliv:

- povrchového napětí,
- vzájemné povrchové síly,
- van der Walsovy síly apod.

Jako optimální příklad mi poslouží právě nepolární ropné látky. Ty ulpí, nebo se zachytávají, na různých površích. Jedná se především o látky se „sorpční kapacitou“, které dokážou přijmout nepolární látky, jako jsou například hlínky, perlity, piliny a jiné porézní materiály. Tyto materiály jsou na přírodní i umělé bázi, některé jsou vyráběny záměrně, s cílem získat co největší porozitu. Povrchy s jemnou až kapilární strukturou, dokážou tyto látky s vysokým povrchovým napětím velmi dobře zachytit. S využitím kapilárních sil, které jsou mnohem silnější, než je schopnost kapaliny téct, ta je v takto malém prostoru rovna prakticky nule a to i za působení gravitačních sil, jsou ropné látky fixovány a běžné loužení vodou na ně nepůsobí.

Z pohledu chemických reakcí jsou postupy pro fixaci různé. Klasické oxidačně-redukční reakce jsou prvním krokem ke konečnému výsledku. Například jejím použitím dojde k znehynění kovové rtuti a do nerozpustné formy je převede některá z kovových sloučenin nebo kovový prach – amalgámy. Například zlato tvoří se rtutí amalgám velice dobře, ale je to samozřejmě cenově velice náročné. Tato metoda se používá při těžbě zlata. Při sanaci kovové rtuti se stejně dobře osvědčí také kovový prach nebo soli cínu, mědi nebo zinku.

Chrom je zase ve svém nejvyšším (šestimocném) oxidačním stavu rozpustný ve všech svých sloučeninách. Jeho redukcí, například disiřičitanem sodným, v kyselém prostředí, na trojmocnou formu, je proveden první krok k tomu, aby byl při neutralizaci dále převeden reakcí s hydroxidem do velmi málo rozpustné formy hydroxidu chromitého.

Přítomnost rozpustných toxických solí kyanidů v podobě kyanidu sodného, draselného ale i jiných, které se používají při galvanickém pokovování, je z hlediska

ekotoxicity velmi závažná. Používá se proto, k odstranění kyanidů, řízená metoda oxidačního štěpení v alkalickém prostředí. Konečné produkty již nejsou toxické<sup>27</sup>.

Z výše popsaných příkladů je zjevné, že v chemických úpravách se dokonale využívá oxidačně-redukčních reakcí, úpravy hodnoty pH roztoku, reakcí s těžkorozpustnými hydroxidy, aby nedocházelo k podružnému vzniku rozpustných solí<sup>28</sup> a tak následnému zvyšování salinity v procesu stabilizace.

Zvýšená salinita by se projevila ve výluhu při kontrolních analýzách stabilizátu. Množství rozpuštěných látek je tedy jeden z limitujících ukazatelů pro jeho konečné uložení na skládku. Tyto ukazatele vychází z vyhlášky č. 294/2005 Sb. ve znění pozdějších předpisů<sup>2</sup>.

Pokud jsou požadavky na proces solidifikace vyšší a výsledný solidifikát má mít lepší než standardní parametry, nebo je kontaminace látkami, které nejsou zcela běžné z hlediska úpravy podle běžných receptur, lze používat i různá aditiva. Tedy látky, které vylepší vlastnosti produkovaného solidifikátu. Mohou to být různá chemická činidla<sup>25</sup>.

Tyto chemické procesy s sebou nesou i tu výhodu, že je lze použít také v procesech čištění odpadních vod. To znamená, že dochází k několika následným prospěšným činnostem:

- Tolik potřebná voda může být vrácena zpět do vodoteče.
- Z některých upravených kalů nerozpustných solí kovů (např. po neutralizaci a lisování) lze vytěžit zpět vzácné nebo druhotné kovy.
- Zcela zásadní je ale snižování objemů odpadů, které například po neutralizaci, vytvoření kalů a jejich vylisování dosahují hodnot do 20 %.

Vrátím se však zpět k procesu úprav ropných látek. Právě ty jsou z celkového obsahu  $C_{10}$  -  $C_{40}$  velmi podstatné a důležité a to především proto, že nejsou vhodné pro stabilizaci a uložení na skládku. Zapouzdřené ropné látky se sice nevyluhují a netransportují. I jejich rozmyv je v pevném podloží oproti solím v podstatě zanedbatelný, pokud se nejedná o uložení v blízkosti drenážní vrstvy. V průběhu času, ale v tělese skládky biologicky degradují a vytváří skládkový plyn. Ten, pokud není dále nijak využíván, zatěžuje skládku z hlediska stavebních úprav, rekultivace i následné údržby a dozoru po ukončení její činnosti a provozu na dobu padesát let.<sup>8</sup>

Mám-li však možnost ropnou látku v rámci technologické činnosti oddělit, například po deemulgaci, lze její organickou fází zpracovat a dále využít jako pojivo a hořlavinu v alternativních palivech. Pokud tato možnost není, například se ropná fáze oddělí s vysokým podílem nespalitelných částí, odstraní se v procesu biodegradace. Zbylé pevné podíly vyčištěné od ropných látek se dále využijí, nebo odstraní.

Další známé metody solidifikace jsou:

- bitumenace – zalití do asfaltu,
- vitrifikace – zalití do skla,
- sulfurizace – zalití do síry.

Výše uvedené metody jsou ale daleko méně využívané a bývají energeticky i surovinově náročné<sup>29</sup> a hodí se pouze na speciální typy odpadů.

#### **4.1.3 Solidifikát a stabilizát**

Solidifikát a stabilizát jsou výsledné materiály, vzniklé technologickým postupem na principech popsaných v předešlých kapitolách. Jde-li o kašovitý odpad, kategorie ostatní, stačí provést jeho zpevnění (solidifikaci) a následné využití nebo uložení na skládku. Pokud se ale jedná o nebezpečné odpady, které jsou upravovány stabilizací, popřípadě oběma metodami, jsou tu i jiné podmínky, než obyčejné hydratace a doba zpevnění. Také fyzikálně-chemické reakce jsou důležité, ale mnohem důležitější je však kinetika těchto reakcí.

Kinetika fyzikálních reakcí je někdy rychlá nebo aspoň jejich větší část. Časově se rovná okamžitým chemickým reakcím. Například oxidace nebo redukce v přebytku činidla, stejně jako neutralizace při kvalitním míchání jsou téměř okamžité. Oproti chemické reakci typu výměna iontů, reakce bez katalyzátorů nebo v nestandardních teplotních podmínkách je reakční kinetika fyzikálních procesů výrazně pomalejší.

Na základě této skutečnosti je proto velice důležité určit dobu, která je potřebná pro takzvané vyžrání solidifikátu. Jsou zde reakce, které trvají řádově vteřiny nebo minuty a potom i takové, které jsou v řádech několika dnů. Nejdůležitější je však doba vyžrání vytvořeného materiálu. Vzhledem k tomu že celá finální podoba je vápenná, cementová nebo vápenno-cementová stabilizace, jedná se o hydrataci celého homogenizovaného materiálu.

Jak jsem již uvedl, hydratace je v podstatě vyvázání vody v molekule bez úbytku objemu. Tato reakce je závislá jak na množství vody, tak také na množství hydratačních pojiv. Pokud je materiál typově vhodný (písčitý, hlinitý), poměrně suchý, technologicky zvlhčený na optimální hodnotu a jeho homogenizace s činidly je kvalitní, potom je doba vyzrání v řádu tří až čtyř týdnů<sup>28</sup>. V té době jsou dokončeny i veškeré reakční kinetiky solidifikačních a stabilizačních procesů. U materiálů, které jsou svou podstatou tekuté a kašovitě, je doba vyzrávání závislá i na objemu ukládaného materiálu.

Vrstva čtyř metrů a objem dva až tři tisíce metrů kubických určuje, že doba vyzrání a doběh kinetických reakcí je čtyři až šest měsíců<sup>28</sup>. Tento objem se samozřejmě nezpracuje najednou, ale v rámci technologické návaznosti za období stejné jako je doba hydratace. Na následujícím obrázku (Obrázek 4) jsou právě takovéto prostory, které slouží k ukládání solidifikátu k uzrání zobrazeny.



**Obrázek 4:** Prostory dočasného ukládání solidifikátu k vyzrávání (listopad, 2010)

Technologie všech procesů musí být dlouhodobě vyvážená a její cykly na sebe musí navazovat, jinak dojde ke stavu, že v jednom období byla doba vyzrávání delší, než je potřeba, což není na závadu, ale ve druhém období, tedy kratším, by byla nedostatečná.

Výsledkem mohou být a zřejmě se i tak stává, nevyhovující analýzy. V takovém případě má provozovatel zařízení pouze tři možnosti:

- Ponechat materiál delší dobu dozrávat.
- Variantou může být opětovné přepracování materiálu v novém procesu stabilizace. Toto sebou nese nové náklady na celý technologický postup.
- Řešením může být nevyhovující stabilizát zařadit do kategorie nebezpečných odpadů a uložit jej na skládku S-NO. Tato varianta je velice nákladná. Dojde k zpoplatnění odpadu při jeho uložení na skládku.

Po ukončení doby dozrávání se pak mohou teprve tyto vyztužené solidifikáty těžit viz Obrázek 5.



**Obrázek 5:** Těžba vyztuženého solidifikátu (září, 2010)

Analýza je závěrečná část každého technologického stupně. Podmínky pro uložení upravených odpadů na skládku příslušného typu jsou odvislé právě od analytické kontroly. Pokud je směřován výstup solidifikace nebo stabilizace ostatních a nebezpečných odpadů do podoby solidifikátu, stabilizátu, který má vyjmuté nebezpečné vlastnosti a má být uložen na skládku typu S-OO, musí také splňovat analytické parametry stanovené Vyhláškou č. 294/2005 Sb. ve znění pozdějších předpisů, příloha č. 2, tabulka 2.1.<sup>2</sup>. Další

postup hodnocení vyluhovatelnosti odpadů je stanoven v metodickém pokynu Ministerstva životního prostředí ČR k hodnocení vyluhovatelnosti odpadů zveřejněném ve Věstníku MŽP, ročník XII, částka 12, prosinec 2002<sup>30</sup>.

## 4.2 Současné postupy při metodách S/S

Po roce 2005, po vydání nové vyhlášky 294/2005 Sb. bylo nutné prověřit účinnost stávajících technologických receptur. Přes všechna urychlení, která je možné v laboratorním modelování provést, však trvaly tyto pokusy přibližně čtyři měsíce. Ani potřebné druhy odpadů nebyly okamžitě k dispozici, musely být proto postupně analyzovány a následně použity ve zkoušených recepturách<sup>31</sup>. Všem provozovatelům zařízení bylo zcela jasné, že vyrobené šarže solidifikátu z roku 2005, které mají dobu vyzrání 4 - 6 měsíců, nemusí zcela vyhovět podle analýz platných k 1. 1. 2006. Cenová náročnost potřebných analýz byla velmi velká. Pro provozovatele, který se danou problematikou skutečně zabýval, šla nákladovost do více jak stotisíc korun českých. V té době se cena analýzy  $C_{10}$  -  $C_{40}$  pohybovala pod částkou tisíc korun českých a kompletní analýza odpadů dle vyhlášky č. 294/2005 Sb., včetně přílohy č. 10, tabulky č. 10.1 a 10.2, pod dvacet tisíc korun českých.

V současné době je jediné speciální zaměření na úpravu obsahu  $C_{10}$  -  $C_{40}$  v odpadech úprava biodegradací. Cesta solidifikace, stabilizace není specificky zaměřena na odstranění ropných látek, ale velice úspěšně se jí používá. Vhodným činidlem je zde dávka vápna i bentonitu. Obě látky jsou vynikajícími sorbenty.

Pokud je obsah ropných látek v odpadu tak velký, že je možné jej využít, předávají se tyto odpady například do spaloven apod. Pokud však jejich výhřevnost není dostatečná, nebo podíl nespalitelných složek je tak veliký, že jsou odpady odmítnuty provozovatelem těchto zařízení, případně ceny tak vysoké, není pro tyto odpady reálná šance na jejich odstranění.

V případě nebezpečných odpadů, kde se s jistou cenou za odpady počítá, jsou využívány běžné receptury v jednotlivých metodách stabilizace a solidifikace, při kterých se vychází především z účinnosti látek schopných na svém povrchu sorbovat některé materiály. Jedná se například o popílky, bentonit a podobné.



Velká část nebezpečných odpadů je založena na bázi tekutých a polotekutých odpadů. Bohužel v naprosto většinové části je kapalnou složkou voda. To znemožňuje termické využití odpadu. Materiály je nutné dále zpracovávat. Ne vždy je oddělená organická složka schopná využití. Tekuté odpady nelze ukládat samostatně na skládku odpadů.

Tekutý odpad je ten, který musí být držen pohromadě pomocí pevné nádoby, aby se nerozlil. To je zcela jasné pro pojem tekutina. Existují však i takové typy odpadů, které obsahují pevnou fázi a přesto je jejich struktura pohyblivá (Obrázek 6).



Obrázek 6: Kaly s obsahem ropných látek (září, 2010)

Tyto odpady jsou nazývány kašovité. Další, které se již blíží pevným materiálům, jsou látky s vyšším obsahem kapaliny, která z ní může vytéct. Uzance proto říká, že *za tekutý odpad se považuje takový materiál, který při vysypání (vylití) na pevnou plochu nedrží tvar a figuru, roztéká se*<sup>32</sup>. K jeho zadržení je potřebná hrázka, případně se z jeho obsahu samovolně odděluje kapalina.

*„Kapalný odpad a odpad, je odpad, který sedimentací uvolňuje kapalnou fázi“*<sup>32</sup>. Tato definice a vyjasnění pojmů jsou velmi důležité z hlediska použité technologie. Tekuté odpady lze přijmout pouze do těsné nádoby a v ní je dále zpracovat, například pomocí míchadel, čerpadel a další technologie. Kašovité odpady lze účinně zpracovat například v zařízeních

obdobných stavebním míchacím strojům. Pevné až kusovité odpady musí projít například procesem rozdužení a teprve potom mohou vejít do technologického procesu.

Lze tedy hovořit o odpadech, které jsou kašovitě až tekuté a přesto je nelze odstranit z různých důvodů na zařízeních, jako jsou čistírny odpadních vod (ČOV), deemulgate, neutralizační stanice<sup>32</sup>. Důvodem mohou být například složky, které jsou toxické pro bakterie ČOV a způsobí tak až jejich otravu, například desinfekce. Dále odpady, které sebou nesou rozpustné anorganické soli (RAS) nebo obsahují látky upravující povrchové napětí (tenzidy), a proto neúměrně zvyšují hodnotu chemické spotřeby kyslíku (CHSK), případně redukční činidla a navýší tak biochemickou spotřebu kyslíku (BSK).

Tyto látky musí proto projít jak metodou solidifikace, pro odstranění svých kontaminantů, tak i metodou stabilizace.

Vytvořený solidifikát je potom uložen k vyvrátí – hydrataci. Ta trvá minimálně čtyři týdny. Běžně čtyři až šest měsíců. Po této nejkratší době (ostatní typy reakcí mohou dobu vyvrátání výrazně prodloužit) je stabilizát, solidifikát odtěžen a uložen na příslušnou skládku (Obrázek 7).



**Obrázek 7:** Těleso skládky solidifikátu, stabilizátu (www.MAPY.CZ)<sup>33</sup>



## 5 PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části své diplomové práce chci probrat jednotlivé metodiky procesu úpravy odpadů. Od počáteční přípravy materiálů, přes technologický postup solidifikace, stabilizace i vložení nové části úpravy odpadů, biodegradace, kterou implementuji do závěrečné fáze úpravy – vyzrávání solidifikátu, stabilizátu.

### 5.1 Metodika výběru odpadů

Ze směsi odpadů, přijatých do zařízení na odstraňování odpadů a uložených v manipulační jímce jsem si odebral dávku odpadů a namíchal spolu s pojivou základní pracovní matici. Tu jsem po homogenizaci rozdělil na pět vzorků po 80 kg. Každý vzorek po rozdělení na čtyři části po 20 kg jsem podrobil jednotlivým procesům úprav. Postup je uveden v kapitole 6. „Návrh nového technologického postupu“. Odebrání jednotlivých dílů z celé připravené matrice bylo po homogenizaci provedeno prostým odebráním.

### 5.2 Metodika analýzy a hodnocení

Vzorky po jednotlivých procesech úpravy byly odebrány, ručně homogenizovány a děleny. Materiál byl dělen, dokud výsledný laboratorní vzorek neměl hmotnost 1,5 až 2,5 kg. K odběru vzorku bylo použito standardní odběrové nářadí, folie, lopata, lopatka.

Stanovení bylo provedeno ve vodném výluhu, podle ČSN EN 1247-4<sup>5</sup>. Stanovení C<sub>10</sub> - C<sub>40</sub> bylo podle ČSN EN 14039 „Stanovení obsahu uhlovodíků C<sub>10</sub> až C<sub>40</sub> plynovou chromatografií“<sup>34</sup>.

Hodnocení výsledků by mělo mít také vypovídající hodnotu, proto byly vzorky vstupní matrice nastaveny tak, aby byly v pěti provedeních. Analýzu prováděla jedna laboratoř (uranové doly DIAMO s.p.), abych se vyhnul možné chybě. Vzhledem k tomu, že se cena jedné analýzy pohybuje u akreditované laboratoře v částce 400 – 500 Kč za nesériové množství, nebyla zvolena akreditovaná laboratoř. Měření prováděla provozní laboratoř v chemickém provozu uranových dolů.

### 5.3 Metodika návrhu nových metod úpravy

Ve své bakalářské práci jsem hodnotil stávající metody úpravy odpadů metodou solidifikace, stabilizace a jejich účinnost na odstranění NEL a  $C_{10}$  -  $C_{40}$ . Účinnost znamená, zda je sledovaný polutant odstraněn pod limitní hodnotu stanovenou legislativou. Výsledkem mé bakalářské práce bylo zjištění, že pro koncentraci  $C_{10}$  -  $C_{40}$  v přijímaných odpadech je metoda vyhovující. Já však také poukazuji na to, že zpracovatel odpadů je svou technologií limitován a nemůže přijmout materiály s vyšší koncentrací dané látky nebo větší množství (při solidifikaci, stabilizaci dochází k řízenému ředění odpadů).

Prostá biodegradace ropných látek není možná, protože tyto odpady mají jednu nebo více nebezpečných vlastností. Ty by tak nebyly odstraněny a výsledný efekt by byl ve výsledku nedostatečný a samozřejmě také neekonomický.

Navržení nové metody není jednoduchý proces. Vycházel jsem však z následující úvahy. Pokud ropné látky mohou být odstraněny v běžném procesu biodegradace, kde nejsou další polutanty, stejně tak by měly být odstraněny i v materiálech, kde jiné polutanty jsou. Pokud je to spojeno s jiným technologickým procesem, například solidifikace, stabilizace, tak záleží na předpokladu, že v daném prostředí přežijí.

Materiál, který byl a kdykoliv bude v procesu stabilizace a solidifikace upravován, nemůže mít zajištěno stále stejné složení. Dodávky odpadů a původci se neustále mění. Je proto důležité vědět, jaké je analytická hodnota zájmového kontaminantu celkového upravovaného vzorku.

Z tohoto pohledu jsem navrhl provést srovnávací analýzu na vzorcích upravených stávající metodou (vápenno-cementová stabilizace), analýzu vzorků upravených podle nové metody (do procesu stabilizace je v posledním kroku, při uložení do mezideponie k vyžrání odpadů, vnesen roztok s biologickou kulturou, která by měla být schopna odbourat ropné látky) a analýza pouze biodegradovaného materiálu.

Očekávaným výsledkem by měl být rozdíl mezi koncentrací polutantu ve vzorku, který byl pouze solidifikován, stabilizován a vzorkem, kde byl přidán biologický prvek. Zde by měla být hodnota polutantu nižší. Pokud by nebyl pokus úspěšný, měly by být tyto vzorky ve svých výsledcích srovnatelné. Pro zajímavost je zde i srovnání s analýzou

vzorku, kde probíhá pouze biodegradace. Zde však nedokážu předem odhadnout, jaká by měla být výsledná hodnota kontaminantu.

### 5.3.1 Důvody pro návrh nových postupů

Z pohledu již citovaných problémů se zpracováním odpadů, ať již v kategorii ostatní odpad nebo nebezpečný odpad, jsem chtěl vyřešit možnost jejich úpravy tak, aby se nejednalo o samostatný proces. Naopak, aby nebyla neúměrně zvyšována finanční a procesní náročnost. Snažil jsem se navrhnout takové vřazení procesu biodegradace do procesu solidifikace, stabilizace, kde je možné využít některých částí stávajícího procesu jako je například čerpání, překopávání nebo přehrnutí k dávkování kultur připravených bakterií.

Velkým problémem při návrhu nové metody je stanovení správného druhu bakterií. Proto jsem hledal takový typ, u kterého by bylo možné předpokládat určitou rezistenci vůči prostředí upraveného stabilizátu nebo solidifikátu. Rezistenci v tomto smyslu je myšleno dvojí nebezpečí pro kultivaci bakterií, které při procesu může nastat.

První nebezpečí pro bakterie, které mají být vloženy do solidifikovaných, stabilizovaných odpadů je možnost vyšší hodnoty ekotoxicity. To by ale mohlo znamenat vysokou mortalitu pro vnesené bakteriové kultury. Tuto záležitost lze předem velmi těžko předjímat, protože odpady, které jsou do technologie vneseny, mohou být různé. Také mohou mít i různé nebezpečné vlastnosti. Přesto však je tato technologie určena k úpravě nebezpečných odpadů a výsledný stabilizát, solidifikát, má být uložen na skládce typu S-OO. Velká část nebezpečných vlastností je v odpadech odstraněna již při dávkování činidel. Změna pH, oxidačně-redukční reakce, rozklad látek. V té chvíli jsou odstraněny toxické látky a proces stabilizace navíc některé látky zapouzdří. Materiál, ještě před svým vyvrácením má velice významně sníženy nebezpečné vlastnosti. Proto je možné uvažovat o tom, v kterém okamžiku jeho vyvrácení, je optimální bakterie do materiálu aplikovat.

Druhé nebezpečí je v hodnotě pH, které je v prostředí běžné, protože proces může být na bázi cementové, vápenné nebo kombinované, vápenno-cementové stabilizaci, solidifikaci. Nepočítám-li účinek ostatních přísad dle receptury. Přesto však jsou vyšlechtěny takové druhy bakterií pro odstraňování neropných uhlo vodíků<sup>33</sup>, které by měly být odolné až pro pH o hodnotě 10. Je to samozřejmě velice zásadní problém, protože některé druhy bakteriálních kultur velice dobře pracují v kyselém prostředí například

huminových kyselin, zemních substrátů a rašelin, jiné je potřeba vyšlechtit pro přežití v průmyslových roztocích s obsahem louhu apod.

Není zcela jednoznačně řečeno, zda tato navrhovaná metoda bude funkční a zda je zvolený postup tím neoptimálnějším. Je také jasné, že vyložené náklady jednak na vývoj takové metodiky, tak i na velké množství zkoušek v rámci spektra dodávaných bakteriálních kultur, na laboratorní testy apod. zcela přesahují rámec časových i finančních možností studenta navazujícího inženýrského studia. Ovšem jako práce pro doktorandské studium, případně ve spojení s výzkumným ústavem nebo odbornou společností, která tyto procesy má a problematika ji zajímá, je velice dobře možná.

## 5.4 Příprava roztoku bakterií

Přípravek musí být před použitím aktivován. Proto jsem přípravek HCT PLUS nejprve rozmíchal ve vlažnější vodě (cca 30 °C) v poměru 1 kg přípravku na 8 l vody a nechal 60 min. odstát. Během této doby jsem směs několikrát promíchal. Nikdy se nesmí k aktivaci použít horká voda!

### **Dávkování – dodržen postup doporučený výrobcem**

Jímky: cca 1 kg HCT PLUS na 10 m<sup>3</sup> objemu nádrže na dobu dvou týdnů. V případě, že doba zdržení je menší než pět dnů, dávka se aplikuje najednou. Při delší době zdržení se dávka aplikuje postupně, ze začátku více, postupně se aplikační dávky snižují.

Kontaminovaná zemina: cca 1 kg HCT PLUS na 10 m<sup>3</sup> zeminy na dobu dvou týdnů. Tu je zapotřebí udržovat mokrou, aby se biodegradační proces nastartoval a posléze nepřerušoval.

Dávkování je pouze orientační, pro každý model mohu navrhnout konkrétní dávkování na jeho podmínky.

## 6 NÁVRH NOVÉHO TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU

Metodika nového technologického postupu byla stanovena tak, aby byly zachovány stávající postupy a jednotlivé nové kroky do ní byly pouze vloženy, jako samostatné dílčí části. V textu bude označeno tučně. Jeho výhody by měli být dvě. Hodnota  $C_{10} - C_{40}$  ve výluhu by se měla snížit, to je záležitost principu stabilizace a fixování například v bentonitu, nebo jiném sorbentu. Dále by se měl, díky biodegradaci, snížit obsah ropných látek v sušině. A ačkoliv to nemá vliv na ukládání stabilizátu na skládky typu S-OO, má to jistě kladný dopad na životní prostředí.

Nový postup úpravy odpadů vychází z prakticky jakékoliv běžné receptury metody vápenno-cementové nebo cementové stabilizace. Po provedených úpravách stabilizace, ve kterých se postupy jednotlivých firem mohou lišit, je vždy závěrečná fáze – vyžrávání stabilizátu. Aby mohla být provedena úprava stabilizátu biodegradací, je potřeba zvolit okamžik, kdy budou do materiálu přidány bakterie. První možný okamžik je, když je pevná fáze stabilizátu překládána k vyžrávání. V jeden pracovní úkon, za stejné náklady, je přimíchán nebo rozstříkán roztok bakterií.

V případě, že se jedná také o solidifikaci a upravené odpady jsou v kašovité konzistenci, je možné dávkovat bakterie při přečerpání směsi nebo možná lepší, až po jejím zpevnění (hydrataci). Dávkování bakterií je také odvislé od hodnoty pH. U kašovitých konzistencí, kde je množství pojiv větší a látky nejsou hydratované (především vápno), může být hodnota pH výrazně vyšší než limitních 10. S vyšší hodnotou pH si bakteriální kultury neumí poradit.

### 6.1 Data vstupních odpadů

Při zpracovávání odpadů je vždy potřebné znát vstupní parametry. Proto by obsluha technického zařízení na odstraňování odpadů měla dbát na sběr dat a o přijatých odpadech. Musí evidovat jejich přijaté množství a koncentrace zájmových polutantů v nich. Vychází z dodaných analýz, základního popisu odpadu, ze zkušenosti s odpadem buď z minulého období, nebo od jiného původce. Na základě těchto informací dávkuje odpady do jedné nádoby tak, aby koncentrace polutantů nepřesáhla hodnoty, které je metoda stabilizace

schopna pokrýt. Z toho důvodu je potřeba vždy co nejpřesněji znát vstupy a vhodně volit recepturu, kterou je možné použít.

Ve své bakalářské práci jsem řešil účinnost metody solidifikace a stabilizace a skladbu odpadů v určitých obdobích. Ta se měnila v závislosti na vývoji trhu, na rozvoji nových firem, změnách technologie apod. V této diplomové práci již není tak podstatné, jaká je skladba odpadů, ale hodnotím schůdnost nově navržené technologie. Nejsou podstatné jednotlivé odpady, které do stabilizované směsi vstoupí, ale absolutní hodnota zájmového kontaminantu. Stejně tak jako je hodnocena celková koncentrace ve výstupním materiálu.

Přesto, tak jako v každém testu, je potřeba vycházet ze základních znalostí vstupních látek<sup>33</sup>. Je to obdoba laboratorního testu, kde je důležité posuzovat veškeré parametry experimentu.

**Tabulka 1:** Dominantní odpady ve směsi matrice

<b>Katalogové číslo</b>	<b>Název odpadu</b>	<b>Průměrná koncentrace <math>C_{10}-C_{40}</math> mg/l</b>
05 01 06	Ropné kaly z údržby zařízení	250 000
08 01 15	Vodné kaly obsahující barvy nebo laky	500
10 01 02	Popílek ze spalování uhlí	<100
10 02 07	Pevné odpady z čištění plynů	<100
11 01 05	Kyselé mořící roztoky	<100
11 01 07	Alkalické mořící roztoky	<100
11 01 11	Oplachové vody obsahující nebezpečné látky	50 000
11 01 13	Odpady z odmašťování obsahující nebezpečné látky	150 000
13 05 02	Kaly z odlučovačů oleje	400 000
13 05 03	Kaly z lapáků nečistot	250 000
19 02 05	Kaly z fyzikálněchemického zpracování	1 000

V tabulce 1 uvádím přibližnou skladbu odpadů, ze které se skládá matrice. To znamená takové odpady, které jsou zaměřeny na obsah ropných látek. Tuto směs jsem dále zpracovával tak, jak je uvedeno v postupu.

## 6.2 Navržené bakterie pro biodegradaci

Pro svoji novou metodu úpravy odpadů jsem navrhl použití bakterií od společnosti BAK TOMA spol. s r.o.<sup>35</sup>, která nové kultury vyvíjí a prodává. V její nabídce jsou takové druhy bakteriálních kultur, které štěpí ropné i neropné uhlovodíky. Pro účely mého pokusu jsem zvolil jako nejoptimálnější typ HCT PLUS.

„Přípravek HCT PLUS je směs bakteriálních spór, enzymů a živin nutných pro činnost mikroorganismů. Výsledkem působení přípravku v jímkách, lapolech, nádržích apod. s obsahem ropných látek je rychlý a účinný rozklad ropných uhlovodíků i organického znečištění pomocí vysoce mobilních přírodních nemodifikovaných aerobních bakterií a fakultativních anaerobních bakterií s pozitivní chemotaxou (mohou rozpoznat typ chemického odpadu a plavat k němu). Každý kmen v přípravku HCT PLUS byl vybrán pro práci v různých podmínkách a pro nejúplnější strávení ropných produktů a vedlejších produktů při degradaci ropy. Při pravidelném používání přípravku HCT PLUS dochází k reprodukci bakterií, což má za následek nepřetržité čištění systému“<sup>34</sup>.

## 6.3 Obecný popis navrženého pracovního postupu

Jak bylo výše řečeno, jednotlivé postupy se mohou u různých firem měnit. Základ však zůstává stejný. Například společnost DEKONTA a.s. má svůj užitečný vzor na produkt úpravy odpadů DEKOSTAB. Společnost GESTA a.s. zase GESTABILIZÁT.

Obecný postup celého procesu úpravy solidifikace a stabilizace je následující:

- Příjem odpadů:
  - Zápis a evidence,
  - Základní popis odpadu, případně analýza odpadu a jejich vyhodnocení (pro potřeby určení receptury).
- Homogenizace:
  - Ta je potřebná jak pro kapalnou fázi (solidifikaci, stabilizaci), tak i pro pevnou fázi (stabilizaci).

- Přidávky činidel dle receptury:
  - Receptura je volena podle znalosti odpadu a podle množství polutantů. Vždy je potřebné znát mezní hranice úpravy, koncentrace, kdy je reakce ještě schopna účinně eliminovat polutanty v odpadech
  - Jednotlivé kroky musí jít podle logiky chemických reakcí, doby reakční kinetiky a spotřeby činidla.
- Uložení materiálu k vyžrání:
  - Upravený materiál, v tekuté i pevné formě je potřebné přepravit do místa deponie určené k vyžrávání (pokud nezůstává v místě).
- **V době transportu (pevná fáze) přidavek bakterií (nově):**
  - **Tato nová část je nejnáročnější na úvahu. Bakterie jsou háklivé na vysokou hodnotu pH. Vápenno-cementová stabilizace často těchto hodnot dosahuje. Hodnotu pH lze samozřejmě jednoduše upravit. Pokud je materiál (solidifikát, stabilizát) po úpravě v takové hodnotě pH (do hodnoty 10), kdy je možné do něho dávkovat bakterie, potom je v této fázi přidám.**
  - **Pokud je hodnota vysoká, je potřeba provést dávkování při překopání, které by se za dané situace nedělalo. V té době by mělo dojít k částečnému vyžrání solidifikátu, stabilizátu, pojiva by měla být hydratovaná a neměla by tolik ovlivnit hodnotu pH.**
- Transport kapalné fáze:
  - Přidavek bakterií by měl být do takové fáze, kde bude umožněno prokysličení. Procesy solidifikace, to znamená zpevnění kapalné fáze, neproběhnou v krátkém okamžiku například minut nebo hodin. Je to stejný případ jako příprava betonové směsi. Tuhne až po delší době s využitím procesu hydratace. Do kapalné fáze upraveného solidifikátu, která je většinou velmi alkalická, hodnota pH se často pohybuje nad 10, není možné bakterie dávkovat. Proto nastává stejný postup jako v druhé části předchozího odstavce. Bakterie budou rozstříknuty až při přepravě (překopání) pevné fáze.
- Odtěžení vyžralého materiálu a jeho uložení na příslušnou skládku odpadů by mělo proběhnout až na základě analytického rozboru a jeho posouzení.



Výhoda této metody by měla být, pokud se potvrdí její účinnost, že místo pouhé fixace látek (maskování) by se měl jejich obsah v solidifikátu fyzicky snížit, navíc by měli být výsledky analýz z vodného výluhu nižší. Pokud by pokus nereagoval na vstupní dávku bakterií, to znamená, že by v daném prostředí byla až 100% mortalita, vyšli by výsledky zhruba stejně jako při samotné úpravě stabilizací.

## 6.4 Technologický postup zkoušky

V níže uvedeném textu navrhuji tento konkrétní technologický pracovní postup, podle kterého jsem postupoval, včetně popisu technického zařízení

### Popis zařízení:

- Stavební míchačka o pracovním objemu 0,5 m<sup>3</sup>, se vstupy pro dávkování činidel a výstupem pro odběr upraveného odpadu. Zde se vstupní odpady homogenizují a podle předpisu upravují.
- Čelní nakladač pro manipulaci s tuhými materiály.
- Vysokozdvih pro závoz surovin.
- Zásobník na tekuté a kašovité odpady.
- Váha pro dávkování odpadů i činidel.
- Zpevněná plocha pro vyložení.

### Vstupní suroviny:

- Směs kašovitých odpadů.
- Popeloviny pro dohuštění.
- Vápno nehašené.
- Cement.
- Chemické reagenty.
- Bakterie.
- Záměsová voda.

Napustil jsem do bubnu stavební míchačky dávku asi 360 kg tekutých odpadů. Při stálé homogenizaci jsem přidával 60 kg popelovin, které zpevnili strukturu odpadu. Tuto směs vstupních odpadů jsem přibližně 30 min. mísil. Tím jsem získal základní dávku materiálu, kterou jsem po vyklopení z míchačky na zpevněnou asfaltovou plochu dále

zpracoval. Tento zahuštěný materiál pevné konzistence, jsem následně rozdělil na pět částí. Každá část o váze cca 80 kg (váženo). Zbytek materiálu jsem zachoval, jako náhradu při možné chybě, nebo technickém problému. Přebytky byly na závěr ekologicky odstraněny.

Každou jednu z pěti částí jsem označil A, B, C, D, E. Tyto části, jsem každou jednu dělil dále na čtyři vzorky. Označeny byly A-I až A-IV a stejně u ostatních částí.

- Vzorky označené I – jsou základní matrice bez jakékoliv úpravy.
- Vzorky označené II – jsou základní matrice upravené procesem stabilizace.
- Vzorky označené III – jsou základní matrice upravené nejprve procesem stabilizace a **v období vyžrávání s přidáním postupem s biodegradací ropných látek.**
- Vzorky označené IV – je matrice upravená pouze procesem biodegradace.

Vzorky A-I, B-I, C-I, D-I a E-I neprošli žádnou úpravou. Z nich jsem pouze odebral laboratorní vzorky pro stanovení koncentrace  $C_{10} - C_{40}$ . Tím jsem získal informaci, jaké hodnoty kontaminantu jsou na vstupu do pokusu. Vzhledem k tomu, že příprava probíhala společně, neměli by být významné rozdíly ve výsledcích. Navíc si mohu tímto krokem ověřit kvalitu laboratoře. Zbytek po odběru laboratorního vzorku jsem uložil do plastových beden a do skladu.

Vzorky A-II až E-II a A-III až E-III jsem každý samostatně upravil v procesu stabilizace následujícím:

- Dávkování chemických procesních činidel a homogenizace. Mají za úkol například oxidaci nebo redukci, podle typu kontaminantu. Jiné odbourávají komplexní sloučeniny, další (cheláty) mohou maskovat některé kovy.
- Dávkování bentonitu, který je určen k odstranění ropných látek, které se na něho velmi dobře sorbují.
- Přídavek vápna, které dobře solidifikuje i stabilizuje, má velké hydratační vlastnosti a váže k sobě ropné látky.
- Přídavek cementu. Je výborný jako solidifikační i stabilizační pojivo, velice dobře hydratuje, materiál po vyžráním má velice dobré vlastnosti. Pevnost, soudržnost.

Vzorky A-II až E-II jsem uskladnil v bednách tak, jako vzorky označení I. Takto byly připraveny na vyžráním.

Vzorky A-III až E-III a s nimi A-IV až E-IV jsem upravil, každý samostatně, s roztoky bakterií pro proces biodegradace. Přidával jsem připravený roztok bakterií HCT PLUS. Odměřené roztoky jsem dávkoval do celého objemu. Materiál jsem řádně homogenizoval pomocí ručního stavebního nářadí. Také vzorky sady III a IV jsem uložil v obalech k vyzrání, případně k biodegradaci.

## 7 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

### 7.1 Laboratorní zkoušky

Pracovní vzorky, myslím tím materiály, které jsem připravil a podle popsané receptury upravil, jsem nechal na konci celého procesu analyzovat a teprve tyto výsledky jsem hodnotil. Bez vstupní informace není možné hodnotit úspěšnost procesu. Proto jsem dbal na znalost vstupních materiálů. Z toho důvodu je také potřebné znát hodnotu kontaminantu ve vstupním neupraveném vzorku (A-I až E-I) matrici. **Tento vzorek je potřeba brát jako slepý, jako informaci o původní koncentraci kontaminantu.**

Další laboratorní vzorky jsem odebral a nechal analyzovat po třech měsících vyzrávání ve skladu.

Analýzy nebyly, z důvodu vysoké ceny zadány do akreditované laboratoře, ale byly provedeny u provozní laboratoře uranových dolů.

### 7.2 Zhodnocení analytických výsledků

Zhodnocení výsledků z plánovaných laboratorních experimentů je zároveň vyhodnocením celé myšlenky, zda je tento pokus reálně aplikovatelný do praxe. Výsledky analýz jsou uvedeny v Tabulce 2, grafické znázornění potom na Obrázku 8 – 11.

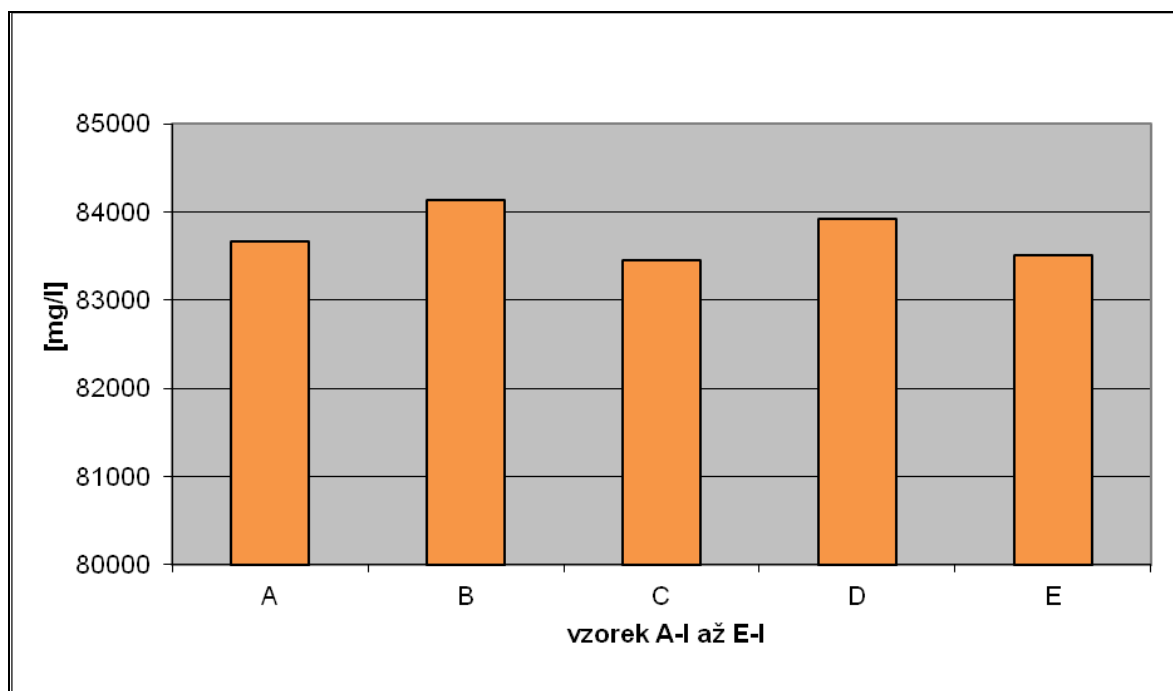
V Tabulce 2 jsou uvedeny koncentrace  $C_{10}$  -  $C_{40}$  v jednotlivých vzorcích. Vzorky A až E jsem rozdělil každý na čtyři části označené I až IV.

**Tabulka 2:** Koncentrace  $C_{10}$  -  $C_{40}$  v jednotlivých vzorcích po jednotlivých úpravách

Vzorek	Hodnota $C_{10}$ - $C_{40}$ v matrici mg/l (označení I)	Hodnota $C_{10}$ - $C_{40}$ po stabilizaci mg/l (označení II)	Hodnota $C_{10}$ - $C_{40}$ po stabilizaci a biodegradaci mg/l (označení III)	Hodnota $C_{10}$ - $C_{40}$ pouze po biodegradaci mg/l (označení IV)
A	83 655	38 521	18 226	21 246
B	84 138	33 986	17 968	21 115
C	83 443	34 682	18 790	20 847
D	83 921	32 793	17 041	19 793
E	83 513	35 667	18 775	23 381

Je zde názorně vidět, jaké hodnoty kontaminantu měly vzorky na vstupu (v matrici) a jaký vliv na ně měly jednotlivé kroky úprav. Původní hodnota byla snížena každou použitou metodou, jak dokládají všechny vzorky. Nejnižších hodnot dosáhl proces úpravy, kde jsem kombinoval stabilizaci s biodegradací. To znamená nově navržená metoda úpravy.

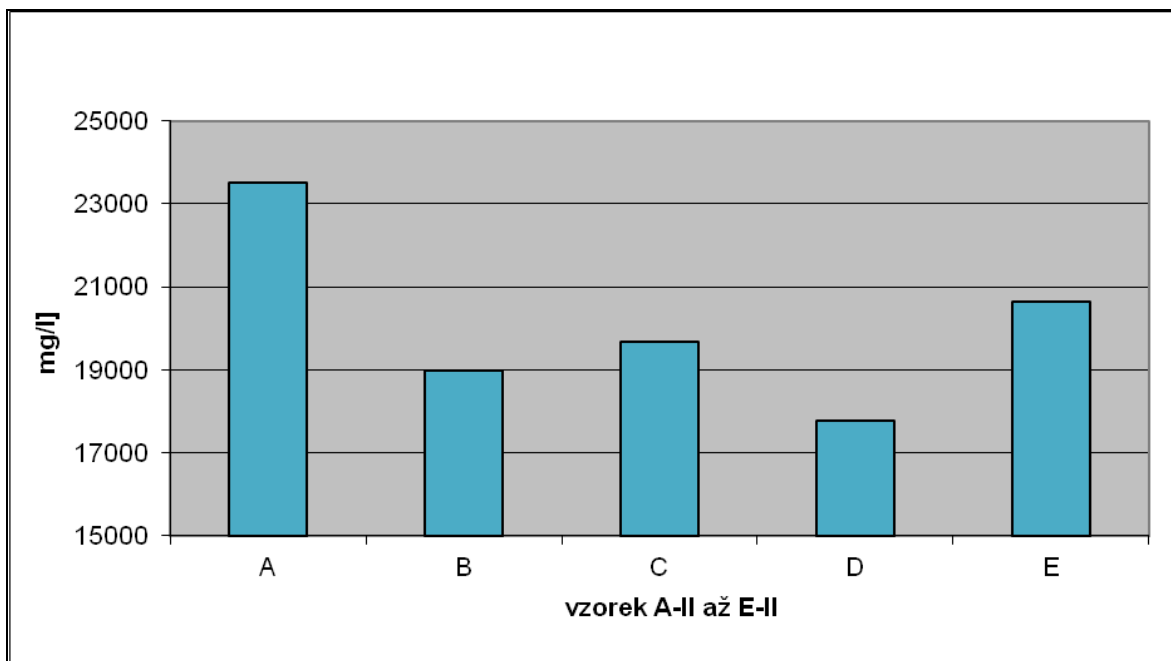
Na obrázku 8 je graficky znázorněno, jak vycházela koncentrace kontaminantu v matrici, to znamená u vzorků A-i až E-I.



Obrázek 8: Hodnota kontaminantu v matrici

Rozdíly jsou tak malé, že musel být vhodně zvolen rozsah měřítka, aby je bylo možné sledovat. Z tohoto důvodu nemohou být spojeny grafická vyhodnocení do jednoho obrázku. V plném rozsahu osy Y by zanikly rozdíly mezi vzorky A až E, všechny procesní úpravy I až IV by vypadaly jako rovná čára.

Na obrázku 9 je hodnocena koncentrace kontaminantu pouze po procesu stabilizace. Vzorek vykazuje překvapivě velké rozdíly, mezi jednotlivými provozními vzorky A-I až E-I. Výrazně jinou hodnotu má vzorek A-I. Chybu bych přikládal, špatnému zpracování, nebo homogenizaci při dávkování činidel.



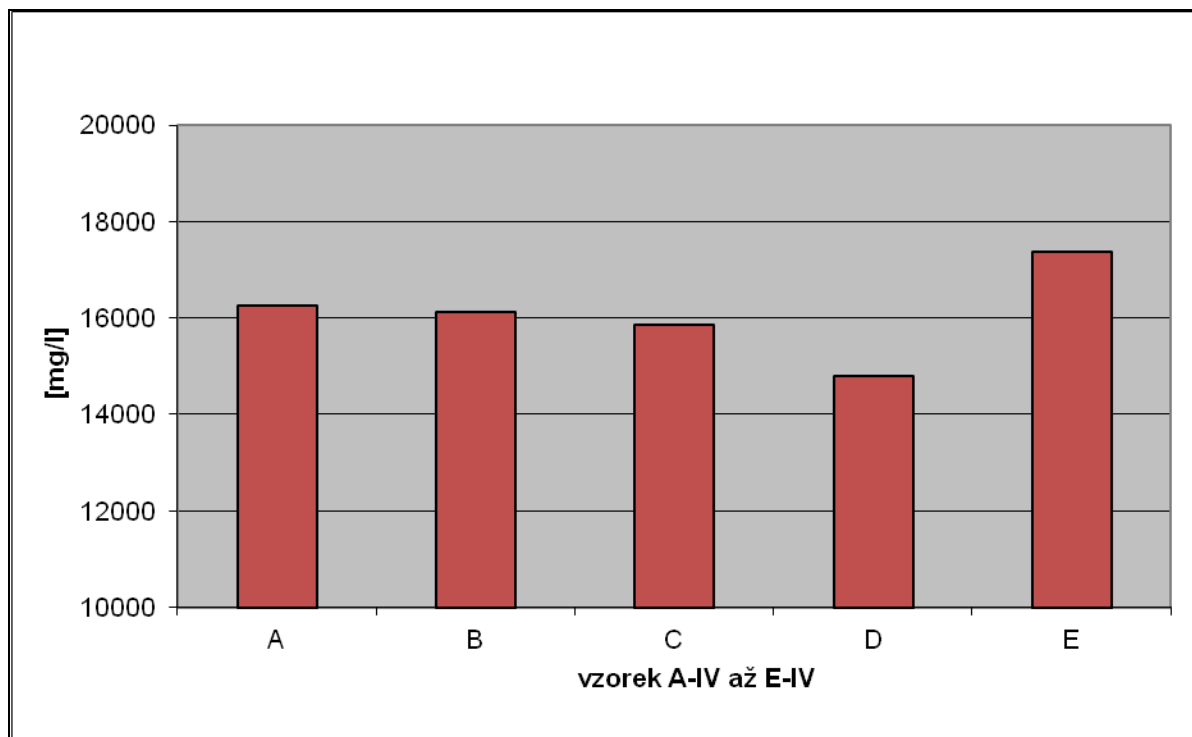
Obrázek 9: Hodnota kontaminantu po stabilizaci

V následujících vzorcích, tak jak je vidět už na obrázku 10, se tato chyba neobjevuje.



Obrázek 10: Hodnota kontaminantu po stabilizaci a biodegradaci

Přesto že se v procesu A-III až E-III pracuje se dvěma postupy, stabilizace a biodegradace, vykazují výsledky jak nízkou hodnotu kontaminantu ve výluhu, nižší než při samotné stabilizaci, tak i vyrovnaný průběh.



Obrázek 11: Hodnota kontaminantu po biodegradaci

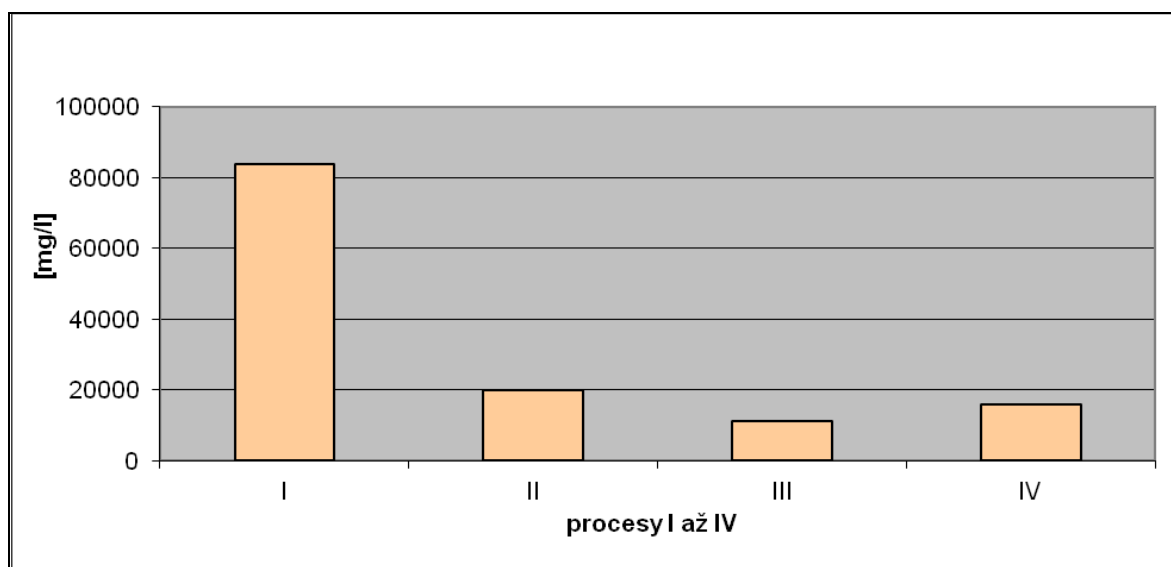
Úprava, kterou jsem navrhl a provedl v posledních vzorcích A-IV až E-IV, byla zajímavá spíše pro celkové posouzení. Zde jsem provedl pouze proces biodegradace. Jak bylo již výše komentováno, postup biodegradace je běžně používaný pro odstraňování ropných látek. Jsou na něm založeny i velké sanační projekty, stejně jako záchranné práce. Jenže samotný proces biodegradace neodstraní ostatní nebezpečné vlastnosti. Bylo pro mě zajímavé posoudit, jakých hodnot dosáhne kontaminant při samotné biodegradaci oproti kombinované metodě (nově navržené). Oba dva postupy dosáhly lepších výsledků, než samotná stabilizace. Kombinovaný proces pak byl úspěšnější, než pouhá biodegradace materiálu.

Účinnost procesů je pak uvedena v Tabulce 3 a na Obrázku 12 a 13.

**Tabulka 3:** Průměrné koncentrace  $C_{10} - C_{40}$  ve vzorcích po jednotlivých úpravách

	<b>Průměrná hodnota <math>C_{10}-C_{40}</math> v matrici mg/l (označení I)</b>	<b>Hodnota <math>C_{10}-C_{40}</math> po stabilizaci mg/l (označení II)</b>	<b>Hodnota <math>C_{10}-C_{40}</math> po stabilizaci a biodegradaci mg/l (označení III)</b>	<b>Hodnota <math>C_{10}-C_{40}</math> pouze po biodegradaci mg/l (označení IV)</b>
<b>Průměrný vzorek A až E</b>	83 735	29 130	11 160	16 076
	<b>[%]</b>	<b>[%]</b>	<b>[%]</b>	<b>[%]</b>
<b>Hodnoty v původní matrici</b>	100	24,04	13,33	19,2

Pro větší přehlednost je podle hodnot v tabulce 2 vypracována tabulka 3, kde je všech pět provozních vzorků z každého procesu úpravy (A až E) zprůměrováno a vyhodnocena i procentuální účinnost. Je zde vidět, že nově navržený proces úpravy, stabilizace a biodegradace je výrazně nejúčinnější.

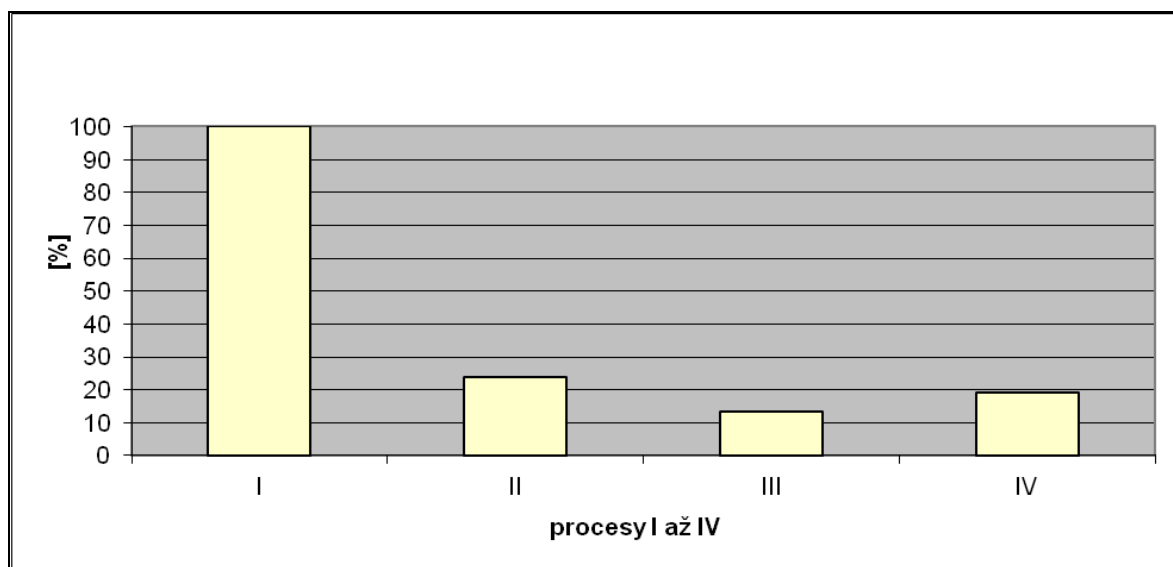


**Obrázek 12:** Průměrné hodnoty kontaminantu ve všech krocích

Tak jak bylo komentováno u tabulek 2 a 3, je v grafickém znázornění na Obrázku 12 vidět pokles koncentrace kontaminantu jednotlivých procesech úprav oproti koncentraci v matrici bez úpravy.

To samé, ale v procentech je vidět na Obrázku 13. Proces 1 – 5/A, matrice bez úpravy, je brána jako 100 % kontaminantu. Všechny pět vzorků (1 - 5) za procesní úpravy B, C, D jsou zprůměrovány.





Obrázek 13: Účinnost jednotlivých kroků procesu

## 8 ZÁVĚR

V závěru své diplomové práce bych chtěl shrnout výsledky svých pokusů a několik důležitých poznatků k nim. Svou diplomovou práci vypracoval sám, sám jsem provedl veškeré technologické činnosti, včetně odběrů vzorků. Analýzy byly provedeny externě.

V dané chvíli, při zpracování této diplomové práce, není důležité, jak dokonale přesné jsou výsledky. Není ani důležité jestli jsou opakovatelné. Vzhledem k náročnosti těchto pokusů:

- z pohledu času,
- materiálu odpadu i reagensů,
- prostoru k manipulaci,
- financí ke vstupním surovinám,
- v neposlední řadě finančními nároky na analýzy.

Je nejdůležitější zhodnocení, zda myšlenka, tento navržený způsob úpravy technologie a samotné provedení je vhodné. Zda výsledky jsou opravňující k optimistické předpovědi, že tato cesta je správná.

V tabulce č. 1 je popsána základní skladba odpadů, vstupujících do směsi, která měla být solidifikována, stabilizována (hovoříme o pevných i kapalných odpadech kategorie ostatní i nebezpečný). Tato směs, byla rozdělena do pěti samostatných vzorků. Každý z nich byl analyzován na obsah  $C_{10}$ - $C_{40}$  ve výluhu a je popsán jako jednotlivá matrice vzorků A až E. Po jejich rozdělení, na tři samostatné díly, byl první pouze stabilizován, druhý byl podroben procesu stabilizace, včetně přidaného kroku biodegradace a třetí prošel pouze procesem biodegradace.

Tyto tři vzorky byly po době potřebné k proběhnutí jak fyzikálně-chemických reakcí, tak i biologického procesu analyzovány. Výsledky jsou porovnány s hodnotami v matrici. Nejedná se o statisticky zhodnotitelnou řadu výsledků, přesto mohou analýzy jasně ukázat, zda je tento záměr smysluplný.

Pokud vyhodnotím výsledky popsané v předchozí kapitole, je zřejmé, že samotný proces stabilizace je velmi úspěšný. Jeho účinnost, se pohybuje na úrovni 24 % původní hodnoty kontaminantu. Kombinovaný proces stabilizace a biodegradace

je nejúčinnější. Výsledek je okolo 13 % původní hodnoty. Samotná biodegradace je na úrovni přibližně 19 %.

Je tedy zcela jasné, že proces biodegradace by mohl být vhodným doplňkem k procesům úpravy stabilizátů, pokud by taková potřeba nastala. Zůstávají zde další otázky, na které by bylo potřeba odpovědět:

- Je tato metoda aplikovatelná do všech technologických podmínek – jiná skladba odpadů, jiné povětrnostní vlivy
- Je tento pokus opakovatelný při jiné skladbě odpadů, které by působili ekotoxicky, např. těžké kovy
- Je možnost využít i jiné typy bakterií, kterých je na trhu nesčetné množství

Další zajímavá otázka se naskýtá z pohledu analýzy sušiny. Ve vzorku, který prošel pouze metodou stabilizace, by byly ropné látky plně nalezeny v sušině. Je však tento výsledek, kdy je kombinace stabilizace a biodegradace úspěšnější než ostatní dvě metody, dán pouze tím, že biodegradace odebrala tu část ropných látek, která nebyla zapouzdřena, a zbytek by se v sušině objevil, nebo bakterie odebrali i tu část, která je zapouzdřena. Je ve výsledku lepší samotná biodegradace, která materiál od ropných látek vyčistí?

Jsem si vědom nedokonalostí i velkého počtu neznámých faktorů, opakuji však, že tato práce má být pouze odpovědí na otázku, zda je možné upravit technologii odstraňování odpadů tímto způsobem.

Odpověď je pro mne ANO, protože není pozitivním výsledkem pouze to, že odpady ukládané na skládky typu S-OO budou čistější, ale i to jaký mají dopad na celé životní prostředí z pohledu kontaminace při plánovaném uzavírání skládky a její rekultivaci. V neposlední řadě, je to i řešení z pohledu vývoje skládkového plynu, neboť i tyto ropné látky časem samovolně biodegradují. Skládkový plyn je pouze nutné zlo, které je třeba z pohledu legislativy řešit.

## Seznam použité literatury

1. BC.MICHAL HORNÍK. *Koncentrace NEL a ropných uhlovodíků C10-C40 při solidifikaci odpadů: Bakalářská práce VŠB – TU Ostrava*. 2011. vyd. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2011, 48 s
2. Česká republika. Vyhláška 294/2005 Sb.: O podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu. In: *Sbírka zákonů*. 2005.
3. Česká republika. Technický předpis 09/2008 Ministerstva životního prostředí: Zrušení ČSN 1439 "Stanovování NEL". In: *Úřední věstník*. 2008.
4. ČSN 75 7505. *Stanovení nepolárních extrahovatelných látek ve vodě metodou infračervené spektrometrie (NEL ir)*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
5. ČSN EN 12457 – 4. *Stanovení vodného výluhu zemin*. 1999. vyd. Praha: Český normalizační institut, 1999.
6. *Skládkový workshop Liberec - Žitava 2010*. 1. vydání. Liberec: TU Liberec, 2010. ISBN 978-80-7372-866-3.
7. Evropská unie. Směrnice Rady ES 99/31/EC: O skládkách odpadů. In: *Úřední věstník*. 1999.
8. Česká republika. Zákon 185/2001 Sb.: „O odpadech a změně některých zákonů“. In: *Sbírka zákonů*. 2001.
9. Evropská unie. Směrnice Rady 86/278/EHS: O ochraně životního prostředí. In: *Úřední věstník*. 1986.
10. Evropská unie. Směrnice Rady 87/217/EHS: O předcházení a snižování znečištění životního prostředí azbestem. In: *Úřední věstník*. 1987.
11. Evropská unie. Směrnice Rady 96/59/ES: O odstraňování polychlorovaných bifenyly a polychlorovaných terfenyly (PCB/PCT). In: *Úřední věstník*. 1996.
12. Evropská unie. Směrnice Rady 91/689/EHS: O nebezpečných odpadech. In: *Úřední věstník*. 1991.
13. Česká republika. Vyhláška 381/2001 Sb.: Katalog odpadů. In: *Sbírka zákonů*. 2001.
14. Česká republika. Vyhláška 383/2001 Sb.: O podrobnostech nakládání s odpady. In: *Sbírka zákonů*. 2001.

15. Česká republika. Zákon 76/2002 Sb.: O integrované prevenci a změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů*. 2002.
16. Česká republika. Vyhláška 554/2002 Sb.: Vzor žádosti o vydání IPPC. In: *Sbírka zákonů*. 2002.
17. Česká republika. Zákon 100/2001 Sb.: O posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů. In: *Sbírka zákonů*. 2001.
18. Česká republika. Zákon 25/2008 Sb.: O integrovaném registru znečišťování životního prostředí. In: *Sbírka zákonů*. 2008.
19. Česká republika. Zákon 201/2012 Sb.: O ochraně ovzduší. In: *Sbírka zákonů*. 2012.
20. Česká republika. Vyhláška 415/2012 Sb.: Stanovení emisních limitů. In: *Sbírka zákonů*. 2012.
21. Česká republika. Zákon 254/2001 Sb.: Vodní zákon. In: *Sbírka zákonů*. 2011.
22. Vyhláška 123/2012 Sb.: Stanovení poplatků za vypouštění odpadních vod do vod povrchových. In: *Sbírka zákonů*. 2012.
23. Česká republika. Vyhláška 450/2005 Sb.: O náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu In: *Sbírka zákonů*. 2005.
24. ŽERAVA, Z. *Čistírenské kaly - současnost a budoucnost*. Brno, 2009. 68 s.  
Dostupné z:  
[http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=5612](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=5612).  
Diplomová práce. VUT Brno.
25. VACENOVSKÁ, B. a R. DROCHYTKA. Možnosti využití různých druhů pojiv při solidifikaci nebezpečných odpadů. In: *Maltoviny*. Brno, 2010, s. 222-228. ISBN 978-80-214-4204-7.
26. KAFKA, Z. a J. PUNČOCHÁŘOVÁ. Stabilizace/solidifikace jako metoda pro zneškodňování nebezpečných odpadů. *EKO*. č. 4, s. 10-13. ISSN 1210-4728.
27. KUNCL, V. *Provozní řád neutralizační stanice, GESTA a.s. Rynoltice*. Liberec, 2010.
28. KUNCL. *Provozní řád úpravny odpadů a mezideponie Lužice, GESTA a.s. Rynoltice*. Liberec, 2008.
29. VONDRUŠKA, M. *Stabilizace/solidifikace odpadů*. Vyd. 1. Brno: VUTIUM, 2001, 27 s. ISBN 80-214-2016-2.
30. Hodnocení vyluhovatelnosti odpadů. *Věstník MŽP*. roč. 12, č. 12, s. 12-26. ISSN 0862-9013. Dostupné z:

[http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/C5DA8E0290CB5D66C1256FAF00436B51/\\$file/Vestnik%2012.pdf](http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/C5DA8E0290CB5D66C1256FAF00436B51/$file/Vestnik%2012.pdf)

31. MEANS, J.L. a L.A. SMITH. *The Application of Solidification/Stabilization to Waste*. V dokumentu je uvedeno: Vyd. 1. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994, 334 s. ISBN 978-15-667-0080-1.
32. VACENOVSKÁ, B. a R. DROCHYTKA. Nové možnosti likvidace tekutých nebezpečných odpadů solidifikací. *Odpadové fórum*. č. 4, s. 3270-3274. ISSN 978-80-02-02011-0.
33. MAPY.CZ [online]. 20013 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)
34. ČSN EN 14039. *Stanovení obsahu uhlovodíků C10 až C40 plynovou chromatografií*. Praha: Český metrologický institut, 2004.
35. BAKTOMA spol. s r.o. [online]. 2007 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: [www.baktoma.cz](http://www.baktoma.cz)

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Vykládka kašovitého odpadu (květen, 2008) .....	5
Obrázek 2: Příjem popílku do procesu stabilizace a solidifikace (foto Navrátil, březen 2007) .....	15
Obrázek 3: Vymíchání materiálů pro stabilizaci a solidifikaci (listopad, 2010) .....	16
Obrázek 4: Prostory dočasného ukládání solidifikátu k vyzrávání (listopad, 2010) .....	20
Obrázek 5: Těžba vyzrálého solidifikátu (září, 2010) .....	21
Obrázek 6: Kaly s obsahem ropných látek (září, 2010) .....	23
Obrázek 7: Těleso skládky solidifikátu, stabilizátu ( <a href="http://www.MAPY.CZ">www.MAPY.CZ</a> ) <sup>33</sup> .....	24
Obrázek 8: Hodnota kontaminantu v matrici .....	37
Obrázek 9: Hodnota kontaminantu po stabilizaci .....	38
Obrázek 10: Hodnota kontaminantu po stabilizaci a biodegradaci .....	38
Obrázek 11: Hodnota kontaminantu po biodegradaci .....	39
Obrázek 12: Průměrné hodnoty kontaminantu ve všech krocích .....	40
Obrázek 13: Účinnost jednotlivých kroků procesu .....	41

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Dominantní odpady ve směsi matrice .....	30
Tabulka 2: Koncentrace $C_{10}$ - $C_{40}$ v jednotlivých vzorcích po jednotlivých úpravách ...	36
Tabulka 3: Průměrné koncentrace $C_{10}$ - $C_{40}$ ve vzorcích po jednotlivých úpravách .....	37